



**SAVONIA**

■ OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

## KERROSTALON PAIKALLAVALU- JA ELEMENTTI- RAKENTEISTEN SEINIEN KUSTANNUSVERTAILU

TEKIJÄ/T: Teemu Thil

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Teemu Thil			
Työn nimi Kerrostalon paikallavalu- ja elementtirakenteisten seinien kustannusvertailu			
Päiväys	24.9.2014	Sivumäärä/Liitteet	45/16
Ohjaaja(t) Pasi Haataja lehtori, Harry Dunkel lehtori			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Lemminkäinen Talo Oy Itä-Suomi			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kustannusvertailu kerrostalon paikallavalu- ja elementtirakenteisten seinien välillä ja selvittää taloudellisempi vaihtoehto. Kustannukset laskettiin materiaali-, työ-, ja kalustokustannusten osalta. Työn tarkoituksena oli tuottaa hyödyllistä kustannustietoa, jota työn toimeksiantaja voi hyödyntää tulevaisuudessa vastaavanlaisten kerrostalokohteiden seinärakenteiden kustannuslaskennassa ja suunnittelussa. Laskennan lisäksi työssä käsiteltiin myös työmaatekniikan vaikutuksia kokonaiskustannuksiin. Pyrkimyksenä oli luoda tietoa työmaalla tehtävistä toimista, joilla voidaan vaikuttaa ennakkoivasti kustannusten syntyyn.</p> <p>Opinnäytetyössä on käsitelty laajasti paikallavalu- ja elementtirakentamista sekä kustannuslaskentaa. Raportin tarkoitus on ollut antaa lukijalle hyvä ja selkeä kuva rakennustapojen toteutuksen eri työvaiheista sekä seinärakenteiden kustannuksista. Työssä on sivuttu myös rakennustapojen historiaa ja kehitystä Suomessa. Työn laskentaosa tehtiin käyttämällä taulukoita, joissa on esitetty määrät, hinta ja kustannus. Määrät mitattiin käyttämällä Auto-CAD -ohjelmistoa kerrostalon pohja- ja julkisivukuvissa. Materiaalien hinnoittelussa käytettiin Klara Net -kustannuslaskentaohjelmiston hintatietoja, työn hinnoittelussa rakennusalan työehtosopimuksen urakkahinnastoa ja kaluston hinnoittelussa pääosin konevuokrauspalvelu Cramon listahintoja.</p> <p>Kustannusvertailu paikallavalu- ja elementtirakenteisten seinien välillä havainnollistaa merkittävimmät kuluerät euroina ja prosentteina. Seinien toteutus paikalla valaen oli tässä tapauksessa 38,2 prosenttia edullisempi ratkaisu kuin käyttämällä elementtejä seinärakenteena. Työstä saatujen tulosten avulla työn toimeksiantaja pystyy tekemään vastaavanlaista vertailua tulevilla kerrostalokohteissa ja selvittämään kustannuksia etukäteen.</p>			
Avainsanat Paikallavalu, elementti, kustannuslaskenta, kustannusvertailu			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Teemu Thil			
Title of Thesis Cost Comparison of Cast In-situ and Prefabricated Walls for Apartment Building			
Date	24 September 2014	Pages/Appendices	45/16
Supervisor(s) Mr Pasi Haataja, Lecturer Mr Harry Dunkel, Lecturer			
Client Organisation /Partners Lemminkäinen Talo Oy Itä-Suomi			
<p>Abstract</p> <p>The goal of the thesis was to make a cost comparison between cast in-situ walls and prefabricated walls for an apartment building and to find the more economical option. The cost calculations used in this thesis included material, work, and equipment costs for both compared situations. The purpose of this thesis was to provide a useful base of information about the costs for similar apartment projects in the future. This thesis also went in to some detail on how different construction techniques impact the overall costs. The aim was to get information of the activities that could affect the costs on site.</p> <p>This thesis included a wide variety of cast in-situ and prefabricated walls and a cost estimation. This thesis gave a good understanding of different building methods, for various stages of wall structures, as well as the calculation of the cost. The thesis also touched upon the history of different building practices and development in Finland. The production volumes were measured by Auto-CAD software and the pricing was made by a cost software of Klara Net.</p> <p>The objectives that were set for this thesis were achieved and the result was an theoretical cost comparison between cast in-situ and prefabricated walls. The cost comparison illustrated the most significant work expenses and items in euros and percentages It was also successfully determined which of the two was the more economical option. According to the research and the results in this thesis cast in-situ walls were 38.2 percent less expensive than prefabricated walls. Using the results of this thesis Lemminkäinen Talo Oy will be able to make similar comparisons in future locations and easily determine the costs in advance.</p>			
Keywords cast in-situ, prefabricated walls, cost comparison			

## Yksiköiden ja termien selitykset

### Yksiköt

jm	juoksumetri; rakennustekniikassa juoksumetrillä tarkoitetaan yhden metrin pituusmittaa
m <sup>2</sup>	neliömetri; pinta-alan yksikkö
m <sup>3</sup>	kuutio; tilavuuden yksikkö
tth	työntekijätunti; työntekijäkohtainen tunti
kg	kilogramma; painon yksikkö
€	euro; valuutan yksikkö
tn	tonni; 1000 kilogrammaa

### Termit

paikallavalu	betonirakenteiden valamista rakennuspaikalla
suurmuotti	paikallavalussa käytetty muottijärjestelmä
takymetri	mittalaite, jolla mitataan mittapisteitä, korkoja ja etäisyyksiä
sauvatärytin	betonin tiivistämiseen tarkoitettu laite
valuastia	betonin valamiseen tarkoitettu suppilo
torninosturi	rakennustyömailla käytetty nosturityyppi
konsoliteline	ulokkeellinen työtaso
talo 2000	nimikkeistöjärjestelmä
elementti	teollisesti valmistettu rakennustuote
kampateline	betonielementtien säilytykseen tarkoitettu teline
elementtituki	elementtien tuentaan tarkoitettu tuki

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet .....	6
1.2	Lemminkäinen Talo Oy .....	6
2	PAIKALLAVALU- JA ELEMENTTIRAKENTAMINEN SUOMESSA .....	7
2.1	Paikallavalurakentaminen .....	7
2.2	Elementtirakentaminen.....	8
2.3	Rakennustapojen historia Suomessa .....	9
3	KUSTANNUSLASKENTA .....	11
3.1	Mitä kustannuslaskenta on? .....	11
3.2	Rakennushankkeen kustannusarviolaskenta.....	11
4	PAIKALLAVALURAKENTEISET SEINÄT .....	13
4.1	Paikallavaluseinätöiden toteutus ja työvaiheet .....	13
4.2	Materiaali-, työ-, ja kalustokustannusten laskeminen.....	16
4.3	Paikallavaluseinien kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä.....	27
4.3.1	Muottikaluston valinta .....	27
4.3.2	Muottikiertosuunitelma .....	27
4.3.3	Muottikaluston kunnossapidon merkitys.....	28
5	ELEMENTTIRAKENTEISET SEINÄT .....	29
5.1	Elementtiseinätöiden toteutus ja työvaiheet.....	29
5.2	Materiaali-, työ-, ja kalustokustannusten laskeminen.....	33
5.3	Elementtiseinien kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä.....	39
5.3.1	Nostotyöt .....	39
5.3.2	Kuljetus ja varastointi.....	39
5.3.3	Elementtien sääsuojaus .....	40
6	KERROSTALON SEINÄRAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU.....	41
7	TULOKSET JA YHTEENVETO .....	43
	LÄHTEET .....	45
	LIITTEET .....	48

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Opinnäytetyön taustat ja tavoitteet

Insinööritö käsittelee paikallavalu- ja elementtirakentamista. Opinnäytetyön tavoitteena on suorittaa kustannusvertailua näiden kahden seinärakennetekniikan välillä ja selvittää taloudellisempi vaihtoehto työn toimeksiantajalle, Lemminkäinen Talo Oy:lle. Opinnäytetyöstä saatavat tulokset toimivat apuvälineenä seinärakenteiden kustannusten arvioimisessa ja suunnittelussa. Tavoitteena on myös tuottaa teoriapohjaista kustannustietoa, jota voidaan hyödyntää vastaavanlaisissa asuinkerrostalo-projekteissa.

Työskentelin Lemminkäinen Talo Oy:n kerrostalotyömaalla kesällä 2013. Kohteen seinätuotannossa käytettiin sekä elementti-, että paikallavalutekniikkaa. Lemminkäinen Talo Oy oli kiinnostunut selvittämään kumpi seinärakennetekniikka olisi edullisempi toteuttaa investointikustannusten näkökulmasta. Sovimme toimeksiantajan kanssa, että työ toteutetaan Lemminkäisen todellisen asuinkerrostalokohteen pohjalta. Insinööritöössä käytetään Kuopion Saaristokaupungissa sijaitsevan kuusikerroksisen asuinkerrostalokohteen paikallavalu- ja elementtirakennepiirustuksia.

Opinnäytetyön luvuissa 1 - 3 selvitetään mitä paikallavalu- ja elementtirakentamisella tarkoitetaan, kerrotaan rakennustapojen historiasta ja kehitymisestä Suomessa sekä määritellään mitä kustannuslaskenta on ja miten sitä hyödynnetään rakennushankkeessa. Luvuissa 4 ja 5 käsitellään paikallavalu- ja elementtirakenteisen seinien toteutuksen työvaiheita, lasketaan materiaali-, työ- ja kalustokustannuksia sekä pohditaan muita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä. Luvussa 6 suoritetaan paikallavalu- ja elementtirakenteisten seinien kustannusvertailu ja pyritään löytämään kustannuksiin merkittävimminkin vaikuttavat tekijät. Opinnäytetyön luvussa 7 esitetään työn tulokset ja yhteenveto työlle asetetuista tavoitteista ja niiden toteutumisesta.

## 1.2 Lemminkäinen Talo Oy

Lemminkäinen Talo Oy on yksi Suomen suurimmista ja tunnetuimmista rakennusliikkeistä, jonka liiketoiminta alkoi yli sata vuotta sitten Helsingissä. Tänä päivänä Lemminkäinen toimii alueellisesti koko Suomessa, ja sen tarjoamiin talonrakennuspalveluihin kuuluvat asuntorakentaminen, liike- ja toimistorakentaminen, teollisuus- ja logistiikkarakentaminen sekä korjausrakentaminen. Vuonna 2013 Lemminkäisen talonrakennustoimiala työllisti lähes 1 400 talonrakennusalan ammattilaista Suomessa, Ruotsissa ja Venäjällä. Vuoden 2013 liikevaihto oli miltei 593 miljoonaa euroa, josta 40 prosenttia syntyi asuntorakentamisesta, 19 prosenttia toimitilarakentamisesta ja 41 prosenttia kilpailu-urakoinnista ja muusta toiminnasta. Lemminkäinen Talo Oy kuuluu Lemminkäinen Oyj:n konserniin. (Lemminkäinen.)

## 2 PAIKALLAVALU- JA ELEMENTTIRAKENTAMINEN SUOMESSA

### 2.1 Paikallavalurakentaminen

Paikallavalurakentamisella tarkoitetaan rakennustuotantotapaa, joka koostuu muotti-, raudoitus- ja betonointitöistä, sekä niihin liittyvistä LVIS-asennuksista. Paikallavalu sopii kaikenlaisiin rakentamiseen perinteisestä asuinrakentamisesta aina haastaviin liike- ja toimitilakohteisiin. Tuotantotapa soveltuu käytettäväksi varsinkin vaativissa kertarakennuskohteissa, jossa halutaan arkkitehtonisesti arvokasta ja yksilöityä rakentamista. Paikallavalu mahdollistaa luovien ja innovatiivisten ratkaisuiden toteutuksen. (Paikallavalu vaihtoehtona 1995, 1 - 9.)

Paikallavalurakentamisen suurin etu on suunnittelun vapaus, joka näkyy tilojen luovempina suunnitteluna. Paikallavalurakentaminen ei aseta rajoituksia rakennejärjestelmien tai suositusmittojen käytössä, sillä mitoitus on vapaa. Esimerkiksi julkisivujen ulokkeet, sisennykset ja kaarevat muodot ovat helppo toteuttaa paikallavalaen. Tuotantovaiheen suunnitelmien muuttaminen onnistuu helpommin kuin valmisosarakentamisessa. Myös suunnitteluvirheet huomataan aikaisemmin ja niiden korjaamisesta ei aiheudu niin korkeita kustannuksia elementtirakentamiseen verrattuna. (Paikallavalu vaihtoehtona 1995, 1 - 9.)

Paikallavalurakentamisen etuja ovat (Paikallavalu vaihtoehtona 1995):

- muunneltavuus
- toistuvuus
- vapaampi suunnittelu
- parempi ääneneristävyys
- saumattomat rakenteet
- tiiviimpi rakenne
- arkkitehtoniset ratkaisut
- materiaalin edullisuus
- materiaalin saatavuus
- ei niin suhdanneherkkä.

## 2.2 Elementtirakentaminen

Elementtirakentamisella tarkoitetaan rakentamistapaa, jossa rakentamisessa käytetään suuria rakennustarvikkeita eli elementtejä. Elementit tuotetaan teollisilla tuotantomenetelmillä muualla kuin lopullisella rakennuspaikalla. Elementit ovat painavia rakenneosia, eikä niiden siirto onnistu muuten kuin siihen tarkoitettu nostokalustolla, kuten torninosturilla tai ajoneuvonosturilla. Yleensä betonielementit valetaan tehtaassa jonka jälkeen ne kuljetetaan työmaalle elementtirekalla. Elementit voidaan varastoida työmaalla elementtelineeseen tai ne voidaan asentaa kohteeseen suoraan kuljetuskalustosta. (Tehdään elementeistä 2009, 47.)

Teollisella elementtien järjestelmärakentamisella saavutetaan tuotantoteknisesti nopea ja taloudellinen lopputulos. Elementtirakentamisen tunnusomaisia piirteitä ovat rungon elementointi, lohkorakentaminen sekä jäykistys ja vakioidut liitosratkaistu. Elementoitaessa työmaan työjärjestelyt ovat selkeitä eikä eri työryhmien välillä ole päällekkäisyyksiä. Elementtirakentamisen edut näkyvät erityisesti ahtailla rakennuspaikoilla, kuten taajamatonteilla. (Betoniteollisuus ry 2004, 441.)

Elementtirakentamisen etuja ovat (Elementtisuunnittelu):

- toteutuksen tarkempi suunnittelu
- rakentaminen jaettu tuoteosatoimituksiin
- aikataulusuunnittelu, sekä tuotteiden oikea-aikaiset toimitukset kohteeseen
- integroitu rakentamisprosessi
- lyhyempi rakennusaika
- työmaatoimintojen vakioiminen ja mekanisointi
- materiaalitehokkuus, jossa hukat minimoitu
- tuotteiden laatu
- tuotantonopeus
- työpaikat teollisia ja työskentely sisällä.



## 2.3 Rakennustapojen historia Suomessa

1900-luvun alkua voidaan pitää suomalaisen teräsbetonirakentamisen uuden aikakauden alkuna. Arkkitehti Selim A. Lindqvist käytti tuolloin ensimmäistä kertaa vaakasuoraa betonipalkkirakennetta Kaukaan lankarullatehtaan välipohjarakenteessa. Suomen ensimmäisiä teräsbetonirunkoisia rakennuksia oli Kauttuan paperitehdas, joka valmistui 1908. Aluksi teräsbetonia käytettiin vain kantavan rungon rakennusaineena teollisuusrakennuksissa, mutta 1920-luvun lopussa teräsbetonia alettiin käyttämään myös liike- ja asuinrakennuksissa. (Siikanen 2009, 136.)

Elementtirakentaminen kehittyi perinteisen rakentamisen teollistumisen kautta. Erilaisten muottitekniikoiden kehittyminen olivat oleellisia välivaiheita ennen täysimittaista elementtirakentamista. Muottitekniikan kehitymisellä haluttiin saavuttaa materiaalisäästöjä ja nopeuttaa työtä vähemmällä työvoimalla. 1940- ja 1950-luvun vaihteessa rakentajien käyttöön tulivat muottityypit, jotka tuottivat entistä sileämpää pintaa ja olivat helppoja käsitellä. Työ vaati edelleen paljon käsityötä, eikä poistunut kokonaan kalliiksi muodostuneen rappauksen tarvetta. Vuosikymmenen lopullinen tavoite oli saada valupinnasta niin sileä, että sille voitaisiin laittaa suoraan tapetit, mutta tähän tavoitteeseen ei vielä 1950-luvulla päästy. (SBK-Säätiö 2009, 41.)

1950-luvun puolivälissä Ruotsissa ja Tanskassa kehiteltiin niin kutsuttua suurmuottitekniikkaa, jonka uskottiin ratkaisevan muihin muotteihin liittyviä ongelmia. Pian tähän kehitystyöhön osallistuivat myös suomalaiset rakennusliikkeet. Uuden muottimenetelmän käyttö vähensi kustannuksia ja työhön kulunutta aikaa. Se vähensi myös merkittävästi rappaustöiden tarvetta ja avasi mahdollisuuden talvirakentamiseen, joka oli ollut käytännössä mahdotonta runsaan märkätöösuden vuoksi. (SBK-Säätiö 2009, 42.)

Asuintalojen betonielementtirakentaminen alkoi Suomessa 1940-luvun lopussa, jolloin varsinaisten kantavien talonrakennuselementtien valmistus aloitettiin. Aluksi elementtejä valmistettiin työmaalla lähellä rakennuspaikkaa. Elementtirakentamisen kiihtyessä oppia rakentamiseen haettiin Ruotsista ja Tanskasta. Pian asuinkerrostaloja rakennettiin täys- ja puolielementtijärjestelmillä. Ensimmäisen sukupolven rakennusjärjestelmät, puolielementtirakentaminen ja suurlevyjärjestelmä käynnistivät Suomen teollisen rakentamisen 1950-luvun aikana. (Siikanen 2009, 137.)

Suomessa 1950-luku oli elementtirakentamisen alkuaikaa. 1960-luvulle siirryttäessä elementtirakentamisen kehitys näkyi myös suomalaisessa elementtiteollisuudessa. Vuosikymmenten vaihteessa Suomeen oli perustettu useita elementtitehtaita. Tehdaskaupunkeja olivat muun muassa Kuopio, Turku, Tampere, Vaasa ja Lohja. Elementtirakentaminen yleistyi myös vauhdilla asuinrakennustuotannossa. Paineet rakennustyön tuottavuudesta kovenivat jatkuvasti. 1960-luvun loppupuolella jo yli puolet Suomen asuin- ja teollisuusrakennuksista olivat elementtirakenteisia. (Siikanen 2009, 137.)

1970-luvun alussa Suomen elementtirakentamisessa tapahtui huomattava kehitysaskel, kun käyttöön otettiin uusi suomalainen Betonielementtisyysteemi (BES). BES tarkoittaa avointa elementtijärjestelmää, jossa mittajärjestelmät on standartoitu. Järjestelmän ytimenä pidetään esijännitettyä 1200mm leveää ontelolaattaa, joka oli tarkoitettu asunkerrostalojen välipohjiin. Vähitellen BES syrjäytti vanhat käytössä olleet valmistajakohtaiset elementtiratkaisut. Tämä näkyi vuosikymmenen enätysmäisenä asuntotuotantona, joka hiipui vasta vuosikymmenen loppupuolelle markkinatalouden taantumasta. (SBK-Säätiö 2009, 298.)

Asuntorakentamisen hankekoot pienenivät 1980-luvulle siirryttäessä edellisen vuosikymmenen huipuvuosista. Elementtirakentaminen oli saavuttanut yleisen ”kyllästymispisteensä” ja paikallavalurakentamisen suosio kasvoi. Mallia otettiin Ruotsin rakennusteollisuudesta, jossa elementtirakentamisesta oli siirrytty lähes kokonaan paikallavalurakentamiseen. 1980-luvulla aloitettiin kiinnittämään enemmän huomiota rakennusten arkkitehtooniseen ulkoasuun, jolloin paikallavalurakentaminen mahdollisti tyyllisesti vaikuttavampia kokonaisratkaisuja. Vuosikymmenen lopulla rahapolitiikan vapautuminen ja yleinen talouskehitys johtivat ennennäkemättömään uudisrakennusbuumiin, joka päättyi 1990-luvun lamavuosiin. (SBK-Säätiö 2009, 230 - 232.)

1990-luvun lamavuodet näkyivät suomalaisessa rakennusteollisuudessa niin betonielementti- kuin paikallavalurakentamisen puolella. Asunto-, toimitila-, ja tuotantorakentamisen määrät olivat pudonneet kolmannekseen edellisen vuosikymmenen tuotannosta. Epävarmuus vaivasi suomalaista rakennusteollisuutta ja tämä näkyi rakennusyritysten korkeana konkurssien lukumääränä. Lama vaikutti erityisen voimakkaasti suomalaiseen elementtiteollisuuteen, jossa kolmannes yrityksissä oli siirtynyt ulkomaiseen omistukseen ja loput taistelivat olemassa olostaan. Vaikka elementtiteollisuus oli ollut laman jälkeen suurissa vaikeuksissa. Ei sen markkinaosuus ollut romahtanut täysin. Tämä näkyi 1990-luvun lopun rakennustuotannosta, jossa 77 prosenttia asuntokohteista, 74 prosenttia teollisuuskohteista ja 71 prosenttia toimitilakohteista oli toteutettu elementeillä. Myös paikallavalurakentamisen suosio oli jälleen kasvussa 2000-luvulle siirryttäessä. Varsinkin asunkerrostaloja toteutettiin enemmän paikallavaluen kuin 1990-luvun alussa. (SBK-Säätiö 2009, 292 - 293.)

### 3 KUSTANNUSLASKENTA

#### 3.1 Mitä kustannuslaskenta on?

Kustannuslaskennan tavoitteena on tuottaa taloudellista tietoa, jota yritys voi hyödyntää omassa toiminnassaan. Kustannuslaskennasta saatava tieto toimii apuvälineenä yrityksen palvelutoiminnan ja investointien suunnittelussa, budjetoinnissa, suoritekohtaisia kustannuksia selvittäessä sekä yrityksen tuloksellisuuden arvioimisessa. Sen avulla voidaan määritellä määrärahojen tarve, yrityksen tunnuslukuja ja palveluiden hintoja. Kustannuslaskennan ensisijainen toimi on avustaa johtoa päätöksenteossa ja tukea yrityksen ohjausjärjestelmää. (Ahola 2012.)

Kustannuslaskennassa lasketaan kustannuksia yrityksen reaali-prosessin tuottamista suoritteista. Näihin voidaan lukea esimerkiksi fyysiset tuotteet tai palvelut, sekä näiden yhdistelmät. Yrityksen tuotannoksi katsotaan kaikki toiminta, jolla pyritään saamaan aikaiseksi hyödykkeitä. Kustannuslaskennassa näiden tuotannontekijöiden käyttöä ilmaistaan rahamääräisenä. Raha on siis tuotannontekijöiden arvonmitta eli kustannus. Kustannus määritellään seuraavasti (Ahola 2012):

$$(\text{Tuotannontekijöiden määrä}) \times (\text{Yksikköhinta}) = \text{Kustannukset}$$

#### 3.2 Rakennushankkeen kustannusarviolaskenta

##### Kustannusarviolaskennan kulku

Kustannusarvion laatiminen on kustannuslaskennan keskeisin osa. Se auttaa yritystä tarjouksen muodostamisessa, työn ja hankintojen suunnittelussa sekä toimii muun laskentatoimen tietolähteenä esimerkiksi budjetoinnissa. Arvio kohdistuu reaalihintatasossa hankkeen muuttuviin kustannuksiin, joita ovat työvoimakustannukset, hankinnat ja osa työmaakustannuksista. Kustannusarviolaskenta perustuu tarjouspyynnön teknisiin ja kaupallisiin asiakirjoihin, tuotannon alustaviin suunnitelmiin sekä hinta- ja kustannustietolähteisiin. Kustannusarvion vaiheet jaetaan seuraavasti (Vuorela, Urpola & Kankainen, 114 - 115.):

1. perehtyminen tarjouspyyntöasiakirjoihin
2. nimikkeistö ja osakohdejaon muodostaminen
3. rakennusosien määrittäminen
4. hinnoittelu
5. kustannusarviomuiston laatiminen
6. kustannusarvion tarkistaminen.

### Kustannusarviolaskennan sisältö

Kustannusarviolaskenta käsittää määräluettelon teon ja hinnoittelun. Laskelmien hinnoittelu tapahtuu tuotesuunnitelmista mitattujen määrien ja etukäteen määritettyjen panoshintojen mukaan. Kustannusarviolaskenta kohdistetaan työmaakustannuksiin, joita ovat työ-, materiaali ja kalustokustannukset eli työkohdekustannukset sekä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset. Kustannusarvion laatimisessa käytetään päivän hintatasoa ilman mahdollisia alennuksia. Rakennusyrityksen kannalta keskeisin kilpailutekijä on oikein laadittu ja tarkka kustannusarvio. Arvion tarkkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat lähtöaineisto, laskentamenetelmien laatu ja ammattitaito. (Vuorela, Urpola & Kankainen, 119.)

### Määrälaskenta

Rakennusalalla käytettäviä määrälaskentajärjestelmiä ovat Talo 80, Talo 90 ja Talo 2000. Määrälaskennassa mitataan ja kuvataan rakennussuorituksen sisältö käytettävän määrälaskentajärjestelmän mukaan. Määrälaskennasta saadaan määräluettelot, jotka jaottelevat kohteen suoritteet, työt sekä hankinnat nimikkeiksi ja määriksi osakohteittain. Osakohteena pidetään hankkeen fyysistä osaa, joka voidaan rakentaa yhtenä kokonaisuutena esimerkiksi kerrostalon yksi porras. (Vuorela, Urpola & Kankainen, 120.)

Määräluettelo sisältää:

- nimikekuvaukset
- määrät
- yksiköt.

Nimikekuvaukseen sisältyy viittaukset piirustuksiin, rakennusselostukseen ja rakennus- ja suoriteosiin sekä sanallinen kuvaus nimikkeestä. Määrä kuvaa nimikepaljouden kohteessa ja määrälaskentaohjeen mukaisen yksiköt ilmaisevat, mitä on laskettu. (Vuorela, Urpola & Kankainen, 120.)

### Panospohjainen hinnoittelu

Rakennusosien hinnoittelu suoritetaan määrittämällä panosrakenne, panosten tarve ja panoshinnat. Kustannukset muodostuvat siis panosten käytöstä eli panosmenekistä ja panoshinnoista. Menekillä tarkoitetaan nimikkeen panostarvetta. Nimike voidaan hinnoitella esimerkiksi seuraavasti:

Tarvikkeelle määritellään panosrakenne, eli rakennustyön työlaji ja menetelmät sekä panokset. Nimikkeen yksikkökustannus muodostetaan panosten menekki ja hintaosasta. Nimikkeen ammatti- ja rakennustyö eritellään, sekä sosiaalikulut kohdistetaan nimikkeelle. Työpanosten hinta muodostetaan työajain aika- tai urakkapalkkojen mukaan. Kaikki hinnoittelu tehdään päivän hintaan ilman alennuksia. (Vuorela, Urpola & Kankainen, 121.)

## 4 PAIKALLAVALURAKENTEISET SEINÄT

### 4.1 Paikallavaluseinätoiden toteutus ja työvaiheet

#### Mittaus

Suurmuottityöt alkavat mittaamisella. Mittamies mittaa rakenteen, päätyrajoittimien sekä oviaukkojen oikeat paikat valmiisiin rakenteisiin. Tämän jälkeen seinän asennusvälikkeet asennetaan paikalleen seinän paksuuden mukaan. Suurmuotin asennusalustan tasaisuus tarkastetaan esimerkiksi takymetrin avulla. Mikäli asennusalusta ei ole vaakasuora, voidaan suoruutta säätää asennuspalojen avulla. (Suur- ja erikoismuottityöt. RATU 0401)



Kuva 1. Suurmuottien paikalleenmittaus (Thil 2013-07-08)

#### Pystytys

Työmuotti nostetaan mittamiehen mittaamalle ja merkitsemälle paikalle. Pystysuoruus säädetään vakaajalla, jonka jälkeen muotti tuetaan. Muottipintojen puhtaus tarkistetaan huolellisesti ja tarvittaessa pinnat puhdistetaan. Seuraavaksi vaneripinta öljytään muottiöljyllä, jonka tarkoituksena on antaa vaneripinnalle parempi suoja betonin rasitusta vastaan. Varausten, rajoittimien, raudoitusten ja LVIS-töiden jälkeen työmuotti on valmis tuplaukseen (kuva 2). Toisen muottipuoliskon alusta puhdistetaan, muotti nostetaan paikalleen, säädetään pystysuoruus ja varmistetaan tuenta. Tämän jälkeen muottipuoliskot sidotaan toisiinsa muottisiteillä (kuva 3). (Suur- ja erikoismuottityöt. RATU 0401)





Kuva 2. Valmis työmuotti (Thil 2013-09-09)



Kuva 3. Suurmuotti tuplattuna (Thil 2013-08-01)

### Betonointi

Betonitöitä aloitettaessa varmistetaan, että muottien pohjat ovat puhtaat. Tällä varmistutaan siitä, ettei muottien juuri jää harvaksi. Seinien valutöissä valusuunnan on oltava koko ajan sama. Tällä tavoin rakenteesta saadaan tasalaatuista, eikä kivipesiä ja huokosia synny. Betonimassan vapaa pudotuskorkeus saa olla enintään metri, ja valutyössä tulee pyrkiä välttämään massan iskeytymistä raudoitukseen ja muotin seinämiin. Valun aikana betonimassaa tiivistetään sauvatäryttimellä (kuva 4). Tiivistämisen tarkoituksena on täyttää muotista jokainen kohta ja ympäröidä teräkset. Betonointi päättyy yleensä työsaumaan. Seinien pystysaumoissa käytetään työsaumaraudoitusta, jolla saadaan varmistettua tartunta betonointia jatkettaessa. Betonoinnin jälkeen muottien paikat ja suoruus tarkistetaan. (Betonointi. RATU 0403)



Kuva 4. Suurmuotin betonointi valuastialla (Thil 2013-08-15)

### Muottien purku

Suurmuotit puretaan, kun suunnitelmien mukainen purkulujuus on saavutettu. Purkamisajankohdan määrittelee työmään vastaava työnjohtaja tai betonitöiden työnjohtaja. Työ aloitetaan irroittamalla muottisiteet. Tämän jälkeen muottipari irroitetaan betonirakenteesta rautakangella kiilaamalla. Irtekiilaus tulee suorittaa varovasti, ettei valmiin seinärakenteen kulmat tai pinnat rikkoudu. Betonityön aikaiset valuvirheet todetaan ja kirjataan ylös. Suositeltavaa on, että virheet korjataan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa betonin ollessa vielä pehmeää. Muottien irroittamisen jälkeen muottipinnat puhdistetaan ja öljytään. (Suur- ja erkoismuottityöt. RATU 0401)



#### 4.2 Materiaali-, työ-, ja kalustokustannusten laskeminen

Materiaalikustannukset määräytyvät kerrostalon määrien ja niiden hinnoittelun mukaan. Määrien laskennassa käytetään paikallavalukohteen pohja-, leikkaus-, ja julkisivupiirustuksia, jotka ovat liitteenä opinnäytetyön kohdassa 9. Materiaalien hinnoittelu tapahtuu Klara.net –kustannusohjelman hintatietojen sekä sähköpostilla kysytyjen tarjouspyyntöjen perusteella. Työkustannukset lasketaan materiaalikustannustannusten pohjalta saatujen määrien ja rakennusalan työehtosopimuksen urakahintojen kautta. Työkustannusosiossa on selvitetty myös työn ajallinen kesto kalustokustannuksiin laskemista varten. Viimeinen vaihe on selvittää kalustokustannukset, jotka muodostuvat vuokra- ja ostokaluston hinnoista. Insinööritoimistossa ei huomioida tuotteiden toimituksesta aiheutuvia kustannuksia.

Tämän opinnäytetyön määrälaskennassa on poikettu Talo 2000 määrämittausohjeista. Työssä rakennusrungon kaikki aukot on vähennetty tarkemman määrämittauksen aikaansaamiseksi.

##### Materiaalikustannukset

###### *Betoni:*

Taulukoissa 1–5 esitetään kerroskohtaisesti betonimäärät kuutioina ja taulukossa 6 lasketaan betonimassan kustannukset. Betonimassana käytetään K30-S2 seinäbetonia, jonka hinta ilman arvonlisäveroa on 102,71 €/m<sup>3</sup>. (Klara.net)

Laskenta aloitetaan laskemalla kerrostalon seiniin tarvittava betonin määrä. Aluksi lasketaan seinien tilavuus, joka saadaan seuraavasti.

$$(\text{Leveys}) \times (\text{Pituus}) \times (\text{Korkeus}) = \text{Tilavuus}$$

Tämän jälkeen seinien tilavuudesta vähennetään ikkuna- ja oviaukkojen tilavuus. Tulokseksi saadaan tarvittava betonimäärä.

$$(\text{Tilavuus}) - (\text{Aukkojen tilavuus}) = \text{Betonimäärä}$$

Taulukko 1. Betonitaulukko 1

K. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Leveys (m)	Pituus (m)	Korkeus (m)	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Aukot (m <sup>3</sup> )	Bet.Määrä (m <sup>3</sup> )
A-A	0,2/0,18	16,42	2,94	9,080	0,231	8,849
B-B	0,18	18,10	2,94	9,578	0,437	9,141
C-C	0,2/0,18	12,49	2,94	6,765	0,437	6,328
D-D	0,2/0,18	19,07	2,94	10,461	0,231	10,23
1-1-	0,20	5,88	2,94	3,457		3,457
2-2-	0,2/0,15	9,21	2,94	5,146		5,146
3-3-	0,18	5,95	2,94	3,148	1,014	2,134
4-4-	0,18	6,43	2,94	3,402	0,752	2,650
5-5-	0,18	8,37	2,94	4,429	0,670	3,759
6-6-	0,15	2,87	2,94	1,265		1,265
Yhteensä				56,731 m <sup>3</sup>	3,772 m <sup>3</sup>	52,959 m <sup>3</sup>



Taulukko 2. Betonitaulukko 2

1. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Leveys (m)	Pituus (m)	Korkeus (m)	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Aukot (m <sup>3</sup> )	Bet.Määrä (m <sup>3</sup> )
A-A	0,15	16,42	2,74	6,748	1,609	5,139
B-B	0,18	18,00	2,74	8,877	0,874	8,003
C-C	0,18/0,15	12,48	2,74	5,942	0,874	5,068
D-D	0,15	19,07	2,74	7,837	3,130	4,707
1-1-	0,15	5,98	2,74	2,457	0,377	2,080
2-2-	0,15	7,56	2,74	3,107	0,377	2,730
3-3-	0,18	5,98	2,74	2,949		2,949
4-4-	0,18	6,46	2,74	3,186		3,186
5-5-	0,18	8,39	2,74	4,137	0,437	3,700
6-6-	0,15	15,42	2,74	6,337	1,017	5,320
Yhteensä				51,577 m <sup>3</sup>	8,695 m <sup>3</sup>	42,882 m <sup>3</sup>

2-4. Kerrosten pohjapiirustus on sama, joten betonitaulukossa 3 seinien tilavuuteen ja aukkoihin on laskettu yhteen 2-4. kerrosten seinien tilavuudet ja aukot.

Taulukko 3. Betonitaulukko 3

2-4. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Leveys (m)	Pituus (m)	Korkeus (m)	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Aukot (m <sup>3</sup> )	Bet.Määrä (m <sup>3</sup> )
A-A	0,15	16,42	2,74	20,245	7,065	13,180
B-B	0,18	18,00	2,74	26,632	2,622	24,010
C-C	0,18/0,15	12,48	2,74	17,826	2,622	15,204
D-D	0,15	19,07	2,74	23,513	9,390	14,123
1-1-	0,15	5,98	2,74	7,373	0,678	6,695
2-2-	0,15	7,56	2,74	9,321	0,678	8,643
3-3-	0,18	5,98	2,74	8,848		8,848
4-4-	0,18	6,46	2,74	9,558		9,558
5-5-	0,18	8,39	2,74	12,413	1,311	11,102
6-6-	0,15	15,42	2,74	19,012	3,051	15,961
Yhteensä				154,74 m <sup>3</sup>	27,417 m <sup>3</sup>	127,323 m <sup>3</sup>

Taulukko 4. Betonitaulukko 4

5. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Leveys (m)	Pituus (m)	Korkeus (m)	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Aukot (m <sup>3</sup> )	Bet.Määrä (m <sup>3</sup> )
A-A	0,15	16,42	2,74	6,748	2,355	4,393
B-B	0,18	18,00	2,74	8,877	0,874	8,003
C-C	0,18/0,15	12,48	2,74	5,942	0,874	5,068
D-D	0,15	19,07	2,74	7,837	2,562	5,275
1-1-	0,15	5,98	2,74	2,457	0,203	2,254
2-2-	0,15	7,56	2,74	3,107	0,203	2,904
3-3-	0,16	5,98	2,74	2,621	0,496	2,125
4-4-	0,18	12,44	2,74	6,135		6,135
5-5-	0,18/0,16	8,39	2,74	3,219	0,496	2,723
6-6-	0,15	15,42	2,74	6,337	1,144	5,193
Yhteensä				53,280 m <sup>3</sup>	9,207 m <sup>3</sup>	44,073 m <sup>3</sup>

Taulukko 5. Betonitaulukko 5

6. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Leveys (m)	Pituus (m)	Korkeus (m)	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Aukot (m <sup>3</sup> )	Bet.Määrä (m <sup>3</sup> )
A-A	0,15	16,42	2,74	6,748	2,355	4,393
B-B	0,18	18,00	2,74	8,877	0,874	8,003
C-C	0,18	9,84	2,74	4,853	0,437	4,416
D-D	0,15	16,42	2,74	6,748	2,257	4,491
1-1-						
2-2-	0,15	7,56	2,74	3,107	0,018	3,089
3-3-	0,16	0,71	2,74	0,311		0,311
4-4-	0,18	6,46	2,74	3,186		3,186
5-5-	0,18	8,39	2,74	4,137	0,597	3,540
6-6-	0,15	15,42	2,74	6,337	0,963	5,374
Yhteensä				44,304m <sup>3</sup>	7,501m <sup>3</sup>	36,803m <sup>3</sup>

Kun kerrosten seinien betonimäärät on laskettu, voidaan laskea betonille kustannukset. Seinien betonikustannukset saadaan seuraavasti.

$$(\text{Tilavuus}) \times (\text{Betonin hinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 6. Betonitaulukko 6

K-6. Kerroksen seinät			
Kerrokset	Tilavuus (m <sup>3</sup> )	Betonin hinta (€/m <sup>3</sup> )	Kustannus (€)
K.Kerros	52,959	102,71	5439,41
1.Kerros	42,882	102,71	4404,41
2.Kerros	42,441	102,71	4359,11
3.Kerros	42,441	102,71	4359,11
4.Kerros	42,441	102,71	4359,11
5.Kerros	44,073	102,71	4526,73
6.Kerros	36,803	102,71	3780,03
Yhteensä:	304 m <sup>3</sup>		31 228 €

### *Raudoitus:*

Seuraavaksi lasketaan seiniin tarvittavan raudoituksen määrä. Taulukoissa 7–11 lasketaan ja esitetään seinien raudoitettava ala kerrosta kohden. Raudoitettavalla alalla tarkoitetaan seinän molempuolista pinta-alaa, johon raudoitus asennetaan. Taulukossa 12 ja 13 selvitetään tartuntarautojen ja työsaumaraudoitteiden määrä. Taulukossa 14 lasketaan kerrosten seinäraudoituksen kilomäärä kerrosten raudoitusalan pohjalta sekä kokonaiskilomäärä johon sisältyvät myös tartunta- ja työsaumaraudat. Raudoitteena käytetään suunnittelijan määrittelemää 8mm halkaisijan A500HW harjaterästä niin seinien kuin tartuntarautojen osalta. Työsaumaraudat toteutetaan tarkoitukseen suunnitelluilla työsaumaraudoitteilla. 8Ø harjateräksen painona käytetään 0,395 kg/m ja hintana 0,92 €/kg (Klara.net).

Raudoitettavan alan laskeminen aloitetaan seinän pinta-alan laskemisella. Seinän pinta-ala lasketaan.

$$(\text{Pituus}) \times (\text{Korkeus}) = \text{Pinta-ala}$$

Pinta-ala kerrotaan kahdella, jolloin saadaan raudoitettava ala, josta ei ole vielä vähennetty aukkoja. Saadusta tuloksesta vähennetään seinän ovi- ja ikkuna-aukkojen molemminpuolinen pinta-ala, jolloin lopputulokseksi saadaan raudoitettava ala.

$$(\text{Seinän pinta-ala} \times 2) - (\text{Aukkojen pinta-ala} \times 2) = \text{Raudoitettava ala}$$

Taulukko 7. Raudoitustaulukko 1

K. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	2*Pinta-ala	2*Aukot m <sup>2</sup>	Raudoit.ala (m <sup>2</sup> )
A-A	16,42	2,94	48,23	96,54	3,85	92,69
B-B	18,1	2,94	53,21	106,42	4,86	101,56
C-C	12,49	2,94	36,72	73,44	4,86	68,58
D-D	19,07	2,94	56,06	112,13	2,57	109,56
1-1-	5,88	2,94	17,28	34,57		34,57
2-2-	9,21	2,94	27,07	54,15		54,15
3-3-	5,95	2,94	17,49	34,98	11,27	23,71
4-4-	6,43	2,94	18,90	37,80	8,37	29,43
5-5-	8,37	2,94	24,60	49,21	7,45	41,76
6-6-	2,87	2,94	8,43	16,87		16,87
Yhteensä			307,99 m <sup>2</sup>	616,11 m <sup>2</sup>	43,23 m <sup>2</sup>	572,88 m <sup>2</sup>

Taulukko 8. Raudoitustaulukko 2

1. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	2*Pinta-ala	2*Aukot m <sup>2</sup>	Raudoit.ala (m <sup>2</sup> )
A-A	16,42	2,74	44,99	89,98	21,46	68,52
B-B	18,10	2,74	49,59	99,18	9,72	89,46
C-C	12,49	2,74	34,22	68,44	9,72	58,72
D-D	19,07	2,74	52,25	104,50	38,92	65,58
1-1-	5,88	2,74	16,11	32,22	5,00	27,22
2-2-	7,57	2,74	20,74	41,48	5,00	36,48
3-3-	5,95	2,74	16,30	32,60		32,60
4-4-	6,43	2,74	17,61	35,23		35,23
5-5-	8,37	2,74	22,93	45,86	4,86	41,00
6-6-	15,36	2,74	42,08	84,17	13,56	70,61
Yhteensä			316,82 m <sup>2</sup>	633,66 m <sup>2</sup>	108,24 m <sup>2</sup>	525,42 m <sup>2</sup>

2-4. kerrosten pohjapiirustus on sama, joten taulukossa 9 esitetään seinien pinta-alassa 2-4.kerrosten seinien yhteenlasketut pinta-alat.

Taulukko 9. Raudoitustaulukko 3

2-4. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	2*Pinta-ala	2*Aukot m <sup>2</sup>	Raudoit.ala (m <sup>2</sup> )
A-A	16,42	2,74	134,97	269,94	94,20	175,74
B-B	18,10	2,74	148,78	297,56	29,17	268,39
C-C	12,49	2,74	102,66	205,32	29,17	176,15
D-D	19,07	2,74	156,75	313,51	116,76	196,75
1-1-	5,88	2,74	48,33	96,66	9,06	87,60
2-2-	7,57	2,74	62,22	124,45	9,06	115,39
3-3-	5,95	2,74	48,90	97,81		97,81
4-4-	6,43	2,74	52,85	105,70		105,70
5-5-	8,37	2,74	68,80	137,60	14,58	123,02
6-6-	15,36	2,74	126,25	252,51	40,68	211,83
Yhteensä			950,51 m <sup>2</sup>	1901,02 m <sup>2</sup>	342,68 m <sup>2</sup>	1558,34 m <sup>2</sup>

Taulukko 10. Raudoitustaulukko 4

5. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	2*Pinta-ala	2*Aukot m <sup>2</sup>	Raudoit.ala (m <sup>2</sup> )
A-A	16,42	2,74	44,99	89,98	31,40	58,58
B-B	18,10	2,74	49,59	99,18	9,72	89,46
C-C	12,49	2,74	34,22	68,44	9,72	58,72
D-D	19,07	2,74	52,25	104,50	34,16	70,34
1-1-	5,88	2,74	16,11	32,22	2,71	29,51
2-2-	7,57	2,74	20,74	41,48	2,71	38,77
3-3-	5,98	2,74	16,38	32,77	6,09	26,68
4-4-	12,44	2,74	34,08	68,17		68,17
5-5-	8,37	2,74	22,93	45,86	6,64	39,22
6-6-	15,36	2,74	42,08	84,17	15,26	68,91
Yhteensä			333,37 m <sup>2</sup>	666,74 m <sup>2</sup>	118,41 m <sup>2</sup>	548,36 m <sup>2</sup>

Taulukko 11. Raudoitustaulukko 5

6. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	2*Pinta-ala	2*Aukot m <sup>2</sup>	Raudoit.ala (m <sup>2</sup> )
A-A	16,42	2,74	44,99	89,98	31,40	58,58
B-B	18,10	2,74	49,59	99,18	9,72	89,46
C-C	9,84	2,74	26,96	53,92	4,86	49,06
D-D	16,42	2,74	44,99	89,98	30,10	59,88
1-1-						
2-2-	7,57	2,74	20,74	41,48	1,20	40,28
3-3-	0,71	2,74	1,94	3,88		3,88
4-4-	6,43	2,74	17,61	35,22		35,22
5-5-	8,37	2,74	22,93	45,86	6,64	39,22
6-6-	15,36	2,74	42,08	84,17	12,84	71,33
Yhteensä			271,83 m <sup>2</sup>	543,67 m <sup>2</sup>	96,76 m <sup>2</sup>	446,91 m <sup>2</sup>

Taulukossa 12 on laskettu seinien tartuntarautojen määrä kiloina ja tästä aiheutuva kustannus. Tartuntarautana käytetään metrin mittaista harjaterästä.

Kerroksen seinälinjojen yhteenlaskettu pituus jaetaan tartuntarautojen jakovälillä, joka on 0,15 m. Tulokseksi saadaan harjateräksen metrimäärä.

$$(\text{Pituus}) / (\text{Jakoväli}) = \text{Metrimäärä}$$

Saatu metrimäärä kerrotaan tämän jälkeen harjateräksen painolla. Lopputulokseksi saadaan tarvittava kilomäärä.

$$(\text{Metrimäärä}) \times (8\emptyset \text{ harjateräksen paino metrille}) = \text{Kilomäärä}$$

Tartuntarautojen kustannukset lasketaan kertomalla saatu kilomäärä harjateräksen hinnalla.

$$(\text{Kilomäärä}) \times (\text{Hinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 12. Raudoitustaulukko 6

Seinien tartuntarautaus							
Kerros	Pituus (m)	Jakoväli (m)	Määrä (m)	8Ø (kg/m)	Kilom. (kg)	Hinta (€/kg)	Kustan. (€)
K	116	0,15	774	0,395	305,47	0,92	281,03
1.K	116	0,15	774	0,395	305,47	0,92	281,03
2.K	116	0,15	774	0,395	305,47	0,92	281,03
3.K	116	0,15	774	0,395	305,47	0,92	281,03
4.K	116	0,15	774	0,395	305,47	0,92	281,03
5.K	116	0,15	774	0,395	305,47	0,92	281,03
Yht.					1833 kg		1 686 €

Taulukossa 13 lasketaan tarvittavat työsaumaraudat metreinä. Työsaumaraudoitteita käytetään betonirakenteiden liitoskohdissa tartuntana uusille valuille. Työsaumaraudoitteena käytetään tässä tapauksessa Halfenin HBT 150 -työsaumaraudoitetta, jonka veroton metrihinta on 22,56 €/m (Halfen). Pohjapiirustuksista on selvitetty seinärakenteiden liitoskohdat kerroskohtaisesti (liitteet 2–6).

Työsaumaraudoitteiden määrä metreinä saadaan, kun liitoskohdat kerrotaan seinäkorkeudella.

$$(\text{Liitoskohdat}) \times (\text{Seinäkorkeus}) = \text{Määrä}$$

Kustannukset lasketaan kertomalla työsaumaraudoitteiden metrimäärä työsaumaraudoitteiden hinnalla.

$$(\text{Määrä}) \times (\text{Hinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 13. Raudoitustaulukko 7

Seinien työsaumaraudoitus					
Kerros	Liitoskohdat (kpl)	Seinäkorkeus (m)	Määrä (m)	Hinta (€/m)	Kustannus (€)
K.Kerros	18	3,20	57,60	22,56	1299,45
1.Kerros	18	2,74	49,32	22,56	1112,65
2.Kerros	18	2,74	49,32	22,56	1112,65
3.Kerros	18	2,74	49,32	22,56	1112,65
4.Kerros	18	2,74	49,32	22,56	1112,65
5.Kerros	18	2,74	49,32	22,56	1112,65
6.Kerros	14	2,74	49,32	22,56	1112,65
Yhteensä:	122		354		7 975,00 €

Raudoitus toteutetaan irtoraidoitteena, joka asennetaan seinän molempiin sisäpuolisiin pintoihin 150 mm:n jakovälillä pysty- ja vaakatasoon. Kilomäärät ja kustannukset voidaan laskea vasta, kun tiedossa on raudoituksen paino neliötä kohden.

Raudoituksen paino neliölle määritetään jakamalla ensin yhden neliön pinta-ala pystyyn sekä vaakaan 0,15 m jakovälillä, ja sen jälkeen laskemalla yhteen saatu raudoituksen metrimäärät. Tämän jälkeen metrimäärä kerrotaan harjateräksen painolla ja tulokseksi saadaan paino kiloina neliötä kohti.

$$(1 \text{ m} / 0,15 \text{ m}) + (1 \text{ m} / 0,15 \text{ m}) = 13,33 \text{ m}$$

$$(13,33 \text{ m}) \times (0,395 \text{ kg/m}) = 5,27 \text{ kg}$$

Kilomäärä lasketaan seuraavasti.

$$(\text{Raudoitettava ala}) \times (\text{Paino neliötä kohti}) = \text{Kilomäärä}$$

Raudoituksen kustannukset saadaan kertomalla kilomäärä teräksen hinnalla.

$$(\text{Kilomäärä}) \times (\text{Teräksen hinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 14. Raudoitustaulukko 8

K-6. Kerroksen raudoitukset					
Kerrokset	Raudoit.ala (m <sup>2</sup> )	Paino (kg/m <sup>2</sup> )	Kilomäärä (kg)	Hinta (€/kg)	Kustannus (€)
K.Kerros	572,88	5,27	3019	0,92	2777,48
1.Kerros	525,42	5,27	2769	0,92	2547,48
2.Kerros	519,44	5,27	2738	0,92	2518,96
3.Kerros	519,44	5,27	2738	0,92	2518,96
4.Kerros	519,44	5,27	2738	0,92	2518,96
5.Kerros	548,33	5,27	2890	0,92	2658,80
6.Kerros	446,91	5,27	2356	0,92	2167,52
Yhteensä:	3652		19248		17708,00
Tartuntaraud.			1833		1686,00
Työsaum.raud.					7975,00
Yhteensä:			21081 kg		27 369,00 €

Puutavara

Ovi- ja ikkunaukkojen varaukset toteutetaan 50x150 kokoisella sahatavaraalla (taulukko 15). Aukkojen juoksumetrit on laskettu paikallavalukohteen pohjapiiroksista (liitteet 2–6). Sahatavaran hintana on käytetty 1,9 € juoksumetri (Tamminiemi).

Taulukko 15. Sahatavarataulukko 1

Ovi- ja ikkunavarauksien sahatavara			
Kerros	Aukot (jm)	Hinta (€/jm)	Kustannus (€)
K.Kerros	60	1,9	114,0
1.Kerros	125	1,9	237,5
2.Kerros	133	1,9	252,7
3.Kerros	134	1,9	254,6
4.Kerros	134	1,9	254,6
5.Kerros	127	1,9	241,3
6.Kerros	134	1,9	254,6
Yhteensä:	847		1 610 €

Työkustannukset

Materiaalikustannusten jälkeen voidaan laskea paikallavaluversion työkustannukset. Opinnäytetyön toimeksiantajan kanssa on sovittu, että vaadittu työ toteutetaan urakkatyönä. Urakkatyö muodostuu suurmuotti-, raudoitus- ja betonointitöistä. Työkustannukset lasketaan rakennusalan työehtosopimuksen mukaisilla urakkahinnoilla ja ehdoilla työn alkutilanteesta lopputilanteeseen. Rakennustyön menekkeinä käytetään työehtosopimuksessa ilmoitettuja kokonaistyömenekkejä. Työkustannusten lisäksi lasketaan myös työhön kuluva aika, joka ilmoitetaan työntekijätunteina.

Suurmuottityö:

Suurmuottitöiden mittaussääntöissä määritetään, että muottityö mitataan pystyrakenteissa betonin kosketuspintana muotitettavaa neliötä kohden. Tähän kuuluvat myös aukot ja ovet, joiden aloja ei vähennetä. Paikallavaluversion työkustannustaulukko 1 (taulukko 16) muotitusalaan käytetään taulukoissa 7–11 laskettuja bruttopinta-aloja. Suurmuottitöiden menekkinä käytetään 0,13 tth/m<sup>2</sup> ja urakkahintana 2,66 €/m<sup>2</sup>.

Suurmuottityöhön kuluva aika saadaan, kun kerrotaan kerroksen muotitusala kokonaistyömenekillä.

$$(\text{Muotitusala}) \times (\text{Menekki}) = \text{Aika}$$

Suurmuottitöiden kustannus lasketaan kertomalla muotitusala urakkahinnalla.

$$(\text{Muotitusala}) \times (\text{Urakkahinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 16. Paikallavaluversion työkustannustaulukko 1

K-6. Kerroksen suurmuottityön kustannukset					
Kerrokset	Muot.ala (m <sup>2</sup> )	Menekki (tth/m <sup>2</sup> )	Aika (tth)	Urakkahin. (€/m <sup>2</sup> )	Kustannus (€)
K.Kerros	616,11	0,13	80,09	2,66	1638,85
1.Kerros	633,66	0,13	82,37	2,66	1685,53
2.Kerros	633,67	0,13	82,38	2,66	1685,56
3.Kerros	633,67	0,13	82,38	2,66	1685,56
4.Kerros	633,67	0,13	82,38	2,66	1685,56
5.Kerros	633,8	0,13	82,39	2,66	1685,90
6.Kerros	543,67	0,13	70,67	2,66	1446,16
Yhteensä:	4328 m <sup>2</sup>		563 tth		11 513,00 €

Raudoitustyö:

Paikallavaluversion työkustannustaulukko 2 (taulukko 17) raudoituskiloina on käytetty raudoitustaulukossa 14 esitettyjä kilomääriä. Työehtosopimuksessa harjateräkselle määritetty työnhinta on 229,51 €/tonni. Menekkinä käytetään Rakennustöiden aikataulukirjan (RATU) raudoitustyömenekkiä, koska rakennusalan työehtosopimuksessa ei ole määritelty raudoitustyölle kokonaistyömenekkiä. Aikataulukirjassa esitetty menekki on muutettu vastaamaan raudoitustonneja kilomäärän sijasta.



Raudoitustyön vaatima aika saadaan kertomalla raudoituksen määrä kokonaistyoimenekillä.

$$(\text{Raudoitus tonneina}) \times (\text{Menekki}) = \text{Aika}$$

Raudoituskustannukset määräytyvät, kun raudoituksen määrä kerrotaan urakkahinnalla.

$$(\text{Raudoituksen määrä}) \times (\text{Urakkahinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 17. Paikallavaluversion työkustannustaulukko 2

K-6. Kerroksen raudoitustyön kustannukset					
Kerrokset	Raudoit.(tn)	Menekki (tth/tn)	Aika (tth)	Urakkah.(€/tn)	Kustannus (€)
K.Kerros	3,019	17	51,32	229,51	692,89
1.Kerros	2,769	17	47,07	229,51	635,51
2.Kerros	2,738	17	46,54	229,51	682,39
3.Kerros	2,738	17	46,54	229,51	682,39
4.Kerros	2,738	17	46,54	229,51	682,39
5.Kerros	2,89	17	49,13	229,51	663,28
6.Kerros	2,356	17	40,05	229,51	540,72
Tartuntaraud.	1,833	17	31,16	229,51	420,69
Yhteensä:	21,081 tn		356 tth		5 000,00 €

#### Betonointityö:

Työkustannustaulukko 3 (taulukko 18) betonikuutioina on käytetty taulukossa 6 esitettyjä tilavuuksia. Betonityö toteutetaan valuastialla, jolloin kokonaistyoimenekki on 0,35 tth/m<sup>3</sup> ja urakkahintana 6,97 €/m<sup>3</sup>.

Betonityöhön käytettävä aika lasketaan, kun betonointikuutiot kerrotaan menekillä.

$$(\text{Betonointikuutiot}) \times (\text{Menekki}) = \text{Aika}$$

Työkustannukset saadaan kertomalla betonointikuutiot urakkahinnalla.

$$(\text{Betonointikuutiot}) \times (\text{Urakkahinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 18. Paikallavaluversion työkustannustaulukko 3

K-6. Kerroksen betonityön kustannukset					
Kerrokset	Betoni (m <sup>3</sup> )	Menekki (tth/m <sup>3</sup> )	Aika (tth)	Urakkah.(€/m <sup>3</sup> )	Kustannus (€)
K.Kerros	52,959	0,35	18,53	6,97	369,12
1.Kerros	42,882	0,35	15,00	6,97	298,88
2.Kerros	42,441	0,35	14,85	6,97	295,81
3.Kerros	42,441	0,35	14,85	6,97	295,81
4.Kerros	42,441	0,35	14,85	6,97	295,81
5.Kerros	44,073	0,35	15,42	6,97	307,18
6.Kerros	36,803	0,35	12,88	6,97	256,51
Yhteensä:	304 m <sup>3</sup>		107 tth		2 360,00 €

Kalustokustannukset

Kalustokustannuksiin sisältyvät koneet, työvälineet, telineet ja nostolaitteet. Töissä käytettävä kalusto vuokrataan pääosin Lemminkäisen yhteistyökumppani Cramolta lukuunottamatta torninosturia, joka on vuokrattu Lamberttson Oy:ltä (Tarjouspyyntö 1, liite 1) sekä konsolitelineitä, jotka on vuokrattu Doka Oy:lta (Tarjouspyyntö 2, liite 1). Hinnoittelu tapahtuu Cramon listahintojen mukaan ilman arvonlisäveroa. Kalustokustannukset muodostuvat vuokrahinnoista, paitsi käsityökalujen ja kiinnitystarvikkeiden osalta, joissa kustannukset määräytyvät suoraan arvioidun ostohinnan mukaan. Tässä opinnäytetyössä kalustovuokraan ei ole laskettu kaluston toimittamisesta aiheutuvia kuluja.

Paikallavalutöissä käytettävä suurmuottikalusto on Lemminkäisen omaa kalustoa ja tästä syystä sitä ei sisällytetä kalustokustannuksiin. Kaluston vuokra-aika määritetään taulukkojen 16–18 työntekijätuntien mukaan. Suurmuotti, raudoitus- ja betonointitöiden yhteenlaskettu työntekijätuntimäärä on 1026 tth. Työntekijätunnit muutetaan kuukaussiksi jakamalla koko työntekijätuntimäärä keskimääräisellä kuukauden työajalle eli 160 tunnilla. Tällöin seinätöihin tarvittavan kaluston vuokra-ajaksi saadaan 6,4 kuukautta.

Kaluston vuokratkustannus lasketaan seuraavasti (taulukko 19).

(Kaluston määrä) x (Vuokra) x (Aika) = Kustannus

Taulukko 19. Paikallavalukohteen kalustotaulukko

Paikallavalukohteen kalusto				
Kalusto	Määrä (kpl)	Vuokra (€/kk)	Aika (kk)	Kustannus (€)
Torninosturi	1	5200,00	6,4	33280,00
Valuastia	1	453,68	6,4	2904,00
Betonivibra	1	536,61	6,4	3434,00
Konsolitelineet	6	75,00	6,4	2880,00
Raudoitusleikkuri	1	609,00	6,4	3898,00
Raudantaivutin	1	142,50	6,4	912,00
Työmaasirkkeli	1	420,00	6,4	2688,00
Roskakärry	2	216,46	6,4	2771,00
Asennuspukki	2			100,00
Käsityökalut				2500,00
Kiinnitystarvikkeet				2500,00
Yhteensä:				57 867 €

#### 4.3 Paikallavaluseinien kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä

Seuraavaksi selvitän muita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa paikallavaluseinien kokonaiskustannuksiin. Tässä osassa keskitytään paikallavalurakentamiseen työmaan näkökulmasta. Tarkastelun kohteeksi on valittu kolme paikallavalutöihin liittyvää osa-aluetta. Kohdassa 4.3.1 selvitetään muottikaluston valinnan merkitystä, kohdassa 4.3.2 pohditaan paikallavalutöiden muottikiertosuunnitelmaa ja kohdan 4.3.3 tavoitteena on tuottaa hyödyllistä tietoa niistä kunnossapitotoimenpiteistä, joita muottikalustolle tulee tehdä ennen seinätyövaiheen aloitusta. Tämän kappaleen tarkoituksena on havainnollistaa muita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, joihin tulee kiinnittää huomiota paikallavalurakentamisen osalta.

##### 4.3.1 Muottikaluston valinta

Muottijärjestelmän valinta voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen:

1. työmaan lähtötietojen selvittäminen
2. muottityypin alustava valinta
3. muottitarpeen määrittäminen
4. muottikustannusten määrittäminen
5. muottikaluston valinta.

Työmaan lähtötietojen tarkalla ja huolellisella selvittämisellä luodaan edellytykset valintaprosessin onnistumiselle. Muottikaluston alustavassa valinnassa selvitetään eri muottikalustojen teknistä soveltuvuutta kohteeseen työmaan lähtötietojen perusteelle. Tässä vaiheessa karsitaan teknisesti soveltumattomat vaihtoehdot pois. Runkoaikataulun ja mahdollisten välitavoitteiden avulla lasketaan päivittäinen muottityön tarve. Muottikustannukset syntyvät kalustokustannuksista, työkuustannuksista ja muista kustannuksista. Muottikaluston lopullinen valinta tehdään kustannusvertailun ja muottikaluston työmaateknisen soveltuvuuden pohjalta. (Betoniteollisuus ry 2004, 235 - 238.)

##### 4.3.2 Muottikiertosuunnitelma

”Muottikierrolla tarkoitetaan muottien käyttöä rakententeen valmistamiseksi muotin pystytyksestä purkuun ja uudelleen pystytykseen” (Betoniteollisuus ry 2004, 238). Muottikiertosuunnitelma tehdään työmaalla etukäteen. Suunnitelmassa jaksotellaan valettava alue kertavaluosiin, sekä selvitetään työvaiheiden riippuvuudet. Seuraavaksi lasketaan muottityön ja -kaluston määrä sekä aika- ja työmenekit. Muottikiertosuunnitelman laatimiseen tulee keskittyä huolellisesti, koska puutteellisesti suunnitellulla muottikierrolla voidaan ajallisesti hävitä päiviä runkotyövaiheessa. Valmis muottikiertosuunnitelma on syytä käydä läpi eri työryhmien kanssa. Turhat työn seisaukset ja riskit voidaan karsia minimiin, eikä lisäkustannuksia synny. (Betoniteollisuus ry 2004, 238 - 239.)

#### 4.3.3 Muottikaluston kunnossapidon merkitys

Lemminkäinen Talo Oy:n Kuopion yksikön käytössä on oma SteamRator -merkinen suurmuottikalusto, joten tässä opinnäytetyön kohdassa keskityn työn toimeksiantajan näkökulmasta tämän suurmuottikaluston kunnossapidon merkitykseen. Työn toimeksiantaja voi käyttää tässä kohdassa esiteltyjä huoltotoimenpiteitä oman suurmuottikaluston kunnossapidossa.

Suurmuottikaluston pinta- ja pohjavanerien kunto on tarkastettava. Vaurioitunut pintavaneri aiheuttaa epätasaisuutta valetussa seinäpinnassa, eikä laadukasta lopputulosta saavuteta muuten kuin jälkitöillä. Vaurioituneen pohjavanerin seurauksena valettu seinäpinta voi lommahtaa ulospäin, eikä näin täytä seinille asetettuja suoruusvaatimuksia. Jos pinta- ja pohjavanerit uusitaan, tulee huomio kiinnittää vanerien laatuun ja asennustyöhön. Muoteissa ei tule käyttää halpoja puupintaisia vanereita, vaan suositeltavampaa on käyttää paksuja filmipintaisia vanereita, joiden kulutuksenkesto on parempi. Asennusvaiheessa saumat ja ruuvien kannat kitataan liimakitillä, jolloin valupintaan ei jää uria. Silikonia ei tule käyttää liimakitin sijasta, koska se irtoaa saumoista muutaman käyttökerran jälkeen.

Muita kunnossapitotoimenpiteitä ovat kartiopulttien, lattasiteiden ja lukituskiilojen kunnon selvittäminen, tukijalkojen toiminnan tarkastaminen sekä sähköjärjestelmän testaus. Metallisten kartiopulttien asennus tapahtuu lekavasaralla, jolloin muodonmuutokset ovat mahdollisia. Liian suuret muodonmuutokset hankaloittavat työskentelyä. Varsinkin vaurioituneiden kartiopulttien saaminen läpi asennusreiästä on haastavaa. Mikäli kartiopultit, lattasiteet ja lukituskiilat ovat silminnähden vinoja tai vaurioituneet muulla tapaa, tulee ne oikaisuttaa. Suurmuottien tukijaloilla säädetään muotin pysyvyys, jolloin tukijalkojen säätömekanismin toimivuus tulee tarkastaa sekä rasvata. Talviolosuhteita varten suurmuoteissa on termostaattiohjattu suorasähkölämmitys vastuslangoilla, joka tuottaa muottipinnalle noin  $250 \text{ W/m}^2$  lämmitystehon. Sähköjärjestelmä voidaan testata joko koekäytöllä tai sähköasentajan toimesta.

## 5 ELEMENTTIRAKENTEISET SEINÄT

### 5.1 Elementtiseinätöiden toteutus ja työvaiheet

#### Elementtien vastaanotto ja varastointi työmaalla

Työmaalle saapuvien elementtikuormien toimitussisältö ja kunto tarkastetaan välittömästi (kuva 5). Mahdolliset virheet ja puutteet merkitään rahtikirjaan. Rikkoutuneet elementit valokuvataan ja vauriokuvaus lähetetään reklamaationa elementtien toimittajalle. Työmaalla elementit voidaan asentaa paikalleen suoraan kuormasta, tai ne voidaan purkaa asennuspaikan läheisyydessä olevaan kampa-telineeseen (kuva 6). Elementit sääsuojataan muovilla tai kevytpeitteellä. (Väli- ja ulkoseinäelementityö. RATU 0392)



Kuva 5. Elementtikuorman purkaminen (Thil 2013-09-02)



Kuva 6. Elementin varastointi kampakelineeseen. (Thil 2013-09-02)

#### *Paikalleenmittaus ja alustan tasaus*

Seinäelementtien asennuspaikat mitataan paikoilleen rakennuksen mittalinjoista tai -pisteistä esimerkiksi täkymetrin avulla. Asennuslinjat ja -paikat merkitään niin, että ne ovat havaittavissa koko asennustyön ajan. Ennen elementtien asennusta mitataan asennuskorko ja puhdistetaan alusta epäpuhtauksista. Asennusalustalle sijoitetaan eri paksuisia asennuspaloja, joilla saadaan elementti asentumaan vaakasuoraan ja haluttuun korkeusasemaan. (Väli- ja ulkoseinäelementtityö. RATU 0392)

#### *Elementin asennus ja tuenta*

Seinäelementit ovat yleensä sandwich- tai liittorakennetyyppisiä elementtejä, joissa lämmöneristyskerros on elementin uloimmissa kerroksissa valmiina. Ennen elementin asennusta eristekaistale kiinnitetään edellisen elementin eristeen pystysaumaam, jolloin saumasta tulee tiivis. Tämän jälkeen juotosbetoni asennetaan elementin alasauman kantavalle sisäkuorelle. Juotosbetoni levitetään tavallisesti lapiolla, mutta se voidaan suorittaa myös jälkikäteen juotosvaluna. Seuraavaksi elementti nostetaan tehtaalla asennetuista nostolenkeistä työkohteeseen noudattaen sovittua asennusjärjestystä (kuva 7). Nosturinkuljettajalla ja asentajilla tulee olla näköyhteys. (Väli- ja ulkoseinäelementtityö. RATU 0392)





Kuva 7. Parveke-elementin nosto (Thil 2013-09-02)

Työryhmä purkaa putoamissuojauksen asennettavan elementin kohdalta, jonka jälkeen elementti voidaan nostaa asennuspaikalleen (kuva 8). Noston loppuvaiheessa käytetään elementtiasennuskankia, joilla elementti ohjataan oikealle paikalleen asennuspalojen päälle. Nostoketjut on pidettävä kiinni. Tämän jälkeen tulevat tartunnat ja mahdolliset putkitukset asennetaan paikoilleen. Valmiiseen rakenteeseen tulevien oviaukkojen paikat tarkistetaan vielä mittaamalla. (Väli- ja ulkoseinäelementti-työ. RATU 0392)



Kuva 8. Ulkoseinäelementin asennus (Thil 2013-09-02)

Paikalleen asennettu elementti tuetaan vähintään kahdella elementtituella (kuva 9). Elementtituen yläosa pultataan sopivan kokoisella pultilla elementissä olevaan sisäkierreankkuriin ja alaosa betoniruuvilla holviin. Elementin pystysuoruus säädetään lopuksi elementtitukea avaamalla tai kiristämällä. Nostoketjut voidaan irroittaa vasta, kun elementtiasennus on täysin valmis ja elementti on pystysuorassa.



Kuva 9. Ulkoseinäelementti asennettuna (Thil 2013-09-02)

### Juotosbetonointi

Elementtien pystysaumoissa valmiina olevat teräs- ja vaijerilenkit taivutetaan raudoitussuunnitelman mukaan. Seuraavaksi saumoihin asennetaan suunnitelmien mukaiset raudoitusteräket ja tartunnat. Valusaumojen ulkopuolelle rakennetaan valumuotit, jotka kiilataan runkoon tai vaihtoehtoisesti käytetään tukkolaudoitusta. Juotossaumat valetaan tavallisesti valuastialla tai pumppaamalla. Juotosbetonin tulee olla notkeaa, eikä runkoaineen kivikoko saa olla liian suuri. Saumavalun jälkeen sauma tiivistetään sauvatäryttimellä. Juotoksen aikana syntyneet roiskeet ja valumat poistetaan heti valutöiden loputtua. (Väli- ja ulkoseinäelementtityö. RATU 0392)

### Lopettavat työt

Elementtien saumat peitetään muovilla tai saumoja kastellaan vedellä, jotta betonin lujituksen kehitys tapahtuu suunnitelmien mukaan, eikä liiallista kutistumista tapahdu. Työvälineet ja koneet puhdistetaan, asennuspaikka siivotaan muuttijätteistä ja syntyneet jätteet lajitellaan jätelavoille. Saumavalumuotit puretaan, kun betoni on kovettunut riittävästi. Tämän jälkeen juotosbetonipinnat viimeistellään muuraustyökaluilla siten, että pinta on tasainen ja elementin pinnan kanssa samassa tasossa. Elementtituet voidaan poistaa vasta juotosbetonin saavutettua riittävän purkulujuuden. (Väli- ja ulkoseinäelementtityö. RATU 0392)



## 5.2 Materiaali-, työ-, ja kalustokustannusten laskeminen

Materiaali-, työ- ja kalustokustannukset määräytyvät samoin perustein kuin opinnäytetyön luvussa 4.2. Määrien laskenta on toteutettu elementtikohteen mitta- ja leikkauspiirrustuksista. Julkisivupiirrustukset ovat samat kuin paikallavalukohteessa. Mitta- ja leikkauspiirrustukset ovat liitteinä opinnäytetyön kohdassa 9. Tämän kohdan laskelmissa poiketaan Talo 2000 määramittausohjeista vastaavasti kuin opinnäytetyön kohdassa 4.2.

### Materiaalikustannukset

#### *Elementtiseinien pinta-ala:*

Elementtien hinnoittelu tapahtuu julkisivun nettopinta-alan mukaan. Taulukoissa 20–24 suoritetaan seinien pinta-alan laskenta, ja taulukossa 25 lasketaan elementeistä aiheutuvat materiaalikustannukset. Taulukoissa on eritelty ulko- ja väliseinien pinta-alat erikseen, koska näiden hinnoittelu on eri. Seinien pinta-alan laskenta tapahtuu vastaavasti kuin opinnäytetyön kohdassa 4.2. Elementtitaulukossa 3 on 2-4. kerrosten pinta-alat laskettu yhteen, sillä kerrosten kantavat seinät ovat samanlaiset.

Seinän pinta-ala lasketaan vastaavasti kuin opinnäytetyön luvussa 4.2.

Elementoitava pinta-ala saadaan vähentämällä seinän pinta-alasta aukkojen ala.

(Seinän pinta-ala) – (Aukkojen pinta-ala) = Elementoitava pinta-ala

Taulukko 20. Elementtitaulukko 1

K. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Tyyppi	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Aukot (m <sup>2</sup> )	Elem. ala (m <sup>2</sup> )
A-A	Ulkoseinä	16,43	3,46	56,84	1,92	54,84
B-B	Väliseinä	18,10	3,20	57,92	2,43	55,49
C-C	Väliseinä	12,49	3,20	39,96	2,43	37,53
D-D	Ulkoseinä	19,07	3,46	65,98	1,28	64,70
1-1-	Ulkoseinä	5,88	3,46	20,34		20,34
2-2-	Ulkoseinä	9,21	3,46	31,86		31,86
3-3-	Väliseinä	5,95	3,20	19,04	5,63	13,41
4-4-	Väliseinä	6,43	3,20	20,57	4,18	16,39
5-5-	Väliseinä	8,37	3,20	24,60	3,72	20,88
6-6-	Ulkoseinä	15,36	3,46	53,14	22,50	30,64
Yhteensä						
1.	Ulkoseinä			228,16 m <sup>2</sup>	25,70 m <sup>2</sup>	202,38 m <sup>2</sup>
2.	Väliseinä			150,92 m <sup>2</sup>	18,39 m <sup>2</sup>	143,70 m <sup>2</sup>

Taulukko 21. Elementtitaulukko 2

1. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Tyyppi	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Aukot (m <sup>2</sup> )	Elem. ala (m <sup>2</sup> )
A-A	Ulkoseinä	16,42	3,00	49,26	10,73	38,53
B-B	Väliseinä	18,10	2,74	49,59	4,86	44,73
C-C	Väliseinä	12,49	2,74	34,22	4,86	29,36
D-D	Ulkoseinä	19,07	3,00	57,21	19,46	37,75
1-1-	Ulkoseinä	5,88	3,00	17,64	2,50	15,14
2-2-	Ulkoseinä	7,57	3,00	22,71	2,50	20,21
3-3-	Väliseinä	5,95	2,74	16,30		16,30
4-4-	Väliseinä	6,43	2,74	17,61		17,61
5-5-	Väliseinä	8,37	2,74	22,93	2,43	20,50
6-6-	Ulkoseinä	15,36	3,00	46,08	6,78	39,30
Yhteensä						
1.	Ulkoseinä			176,17 m <sup>2</sup>	41,97 m <sup>2</sup>	150,93 m <sup>2</sup>
2.	Väliseinä			140,65 m <sup>2</sup>	12,15 m <sup>2</sup>	128,50 m <sup>2</sup>

Taulukko 22. Elementtitaulukko 3

2-4. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Tyyppi	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Aukot (m <sup>2</sup> )	Elem. ala (m <sup>2</sup> )
A-A	Ulkoseinä	16,42	3,00	147,78	47,10	100,68
B-B	Väliseinä	18,10	2,74	148,78	14,58	134,20
C-C	Väliseinä	12,49	2,74	102,66	14,58	88,08
D-D	Ulkoseinä	19,07	3,00	171,63	58,38	113,25
1-1-	Ulkoseinä	5,88	3,00	52,92	4,53	48,39
2-2-	Ulkoseinä	7,57	3,00	68,13	4,53	63,60
3-3-	Väliseinä	5,95	2,74	48,90		48,90
4-4-	Väliseinä	6,43	2,74	52,85		52,85
5-5-	Väliseinä	8,37	2,74	68,80	7,29	61,51
6-6-	Ulkoseinä	15,36	3,00	138,24	20,34	117,90
Yhteensä						
1.	Ulkoseinä			578,70 m <sup>2</sup>	134,88 m <sup>2</sup>	443,82 m <sup>2</sup>
2.	Väliseinä			421,99 m <sup>2</sup>	36,45 m <sup>2</sup>	385,54 m <sup>2</sup>

Taulukko 23. Elementtitaulukko 4

5. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Tyyppi	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Aukot (m <sup>2</sup> )	Elem. ala (m <sup>2</sup> )
A-A	Ulkoseinä	16,42	3,00	49,26	15,70	33,56
B-B	Väliseinä	18,10	2,74	49,59	4,86	44,73
C-C	Väliseinä	12,49	2,74	34,22	4,86	29,36
D-D	Ulkoseinä	19,07	3,00	57,21	17,08	40,13
1-1-	Ulkoseinä	5,88	3,00	17,64	1,35	16,29
2-2-	Ulkoseinä	7,57	3,00	22,71	1,35	21,36
3-3-	Väliseinä	5,95	2,74	16,30	3,04	13,26
4-4-	Väliseinä	6,46	2,74	17,70		17,70
5-5-	Väliseinä	8,37	2,74	22,93	3,32	19,61
6-6-	Ulkoseinä	15,36	3,00	46,08	7,64	38,44
Yhteensä						
1.	Ulkoseinä			192,90m <sup>2</sup>	43,12m <sup>2</sup>	149,78m <sup>2</sup>
2.	Väliseinä			140,74 m <sup>2</sup>	16,08 m <sup>2</sup>	124,66 m <sup>2</sup>

Taulukko 24. Elementtitaulukko 5

6. Kerroksen seinät						
Seinälinja	Tyyppi	Pituus (m)	Korkeus (m)	Pinta-ala (m <sup>2</sup> )	Aukot (m <sup>2</sup> )	Elem. ala (m <sup>2</sup> )
A-A	Ulkoseinä	16,42	3,00	49,26	15,70	33,56
B-B	Väliseinä	18,10	2,74	49,59	4,86	44,73
C-C	Väliseinä	9,84	2,74	26,96	4,86	22,10
D-D	Ulkoseinä	16,42	3,00	49,26	15,05	34,21
1-1-						
2-2-	Ulkoseinä	7,57	3,00	22,71	1,20	21,51
3-3-	Väliseinä	0,71	2,74	1,94		1,94
4-4-	Väliseinä	6,43	2,74	17,61		17,61
5-5-	Väliseinä	8,37	2,74	22,93	3,32	19,61
6-6-	Ulkoseinä	15,36	3,00	46,08	6,64	39,44
Yhteensä						
1.	Ulkoseinä			152,08 m <sup>2</sup>	38,59 m <sup>2</sup>	128,72 m <sup>2</sup>
2.	Väliseinä			119,03 m <sup>2</sup>	13,04 m <sup>2</sup>	105,99 m <sup>2</sup>

Elementtien kustannukset saadaan, kun kerrotaan elementtiseinien pinta-ala elementtien neliöhinnalla. Ulkoseinäelementin hintana on käytetty 130,69 €/m<sup>2</sup> ja väliseinäelementin 69,50 €/m<sup>2</sup>. Kellarikerroksen ulkoseinäelementin hintana käytetään myös 69,50 €/m<sup>2</sup> (Klara.net).

(Elementtien pinta-ala) x (Elementtien neliöhinta) = Kustannus

Taulukko 25. Elementtitaulukko 6

K-6. Kerroksen seinät				
Kerrokset	Seinätyyppi	Elem. Ala (m <sup>2</sup> )	Elem. Hinta (€/m <sup>2</sup> )	Kustannus (€)
K.Kerros	Ulkoseinä	202,38	69,50	14065,41
	Väliseinä	143,70	69,50	9987,15
1.Kerros	Ulkoseinä	150,93	130,69	19725,04
	Väliseinä	128,50	69,50	8930,75
2.Kerros	Ulkoseinä	147,94	130,69	19334,27
	Väliseinä	128,51	69,50	8931,44
3.Kerros	Ulkoseinä	147,94	130,69	19334,27
	Väliseinä	128,51	69,50	8931,44
4.Kerros	Ulkoseinä	147,94	130,69	19334,27
	Väliseinä	128,51	69,50	8931,44
5.Kerros	Ulkoseinä	149,78	130,69	19574,74
	Väliseinä	124,66	69,50	8663,87
6.Kerros	Ulkoseinä	128,72	130,69	16822,41
	Väliseinä	105,99	69,50	7366,30
Yhteensä:	Ulkoseinä	1076 m <sup>2</sup>		128 190 €
	Väliseinä	889 m <sup>2</sup>		61 742 €
Elementtien kokonaiskustannus:				189 932 €

*Juotosbetonointi:*

Seuraavaksi lasketaan juotoslaastin määrä elementtien alasaumoissa (taulukko 26). Määrä saadaan selville kertomalla kerroksen seinälinjojen pituus kerroksen seinäleveyksien keskiarvolla ja laastin korkeudella. Laskennallisena korkeutena on käytetty 0,05 m. Juotoslaastina käytetään sekä ala-, että pystysaumoissa suunnittelijan määrittelemää saumalaastia, jonka hinta on 350 €/m<sup>3</sup> (Klara.net).

Laastin määrä alasaumoissa saadaan, kun seinälinjojen pituus kerrotaan seinäleveyden keskiarvolla ja laastin korkeudella. Kustannukset saadaan tämän jälkeen kertomalla laastin määrä laastin hinnalla.

$$(\text{Seinälinjojen pituus}) \times (\text{Seinäleveys}) \times (\text{Laastin korkeus}) = \text{Määrä}$$

$$(\text{Määrä}) \times (\text{Hinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 26. Elementtitaulukko 7

Juotoslaastin määrä alasaumoissa						
Kerros	Seinälin. (m)	Leveys (m)	Bet. (m)	Määrä (m <sup>3</sup> )	Hinta (€/m <sup>3</sup> )	Kustannus (€)
K.K	116	0,1813	0,05	1,050	350,00	367,50
1.K	116	0,1636	0,05	0,948	350,00	331,80
2.K	116	0,1636	0,05	0,948	350,00	331,80
3.K	116	0,1636	0,05	0,948	350,00	331,80
4.K	116	0,1636	0,05	0,948	350,00	331,80
5.K	116	0,1616	0,05	0,937	350,00	327,95
6.K	116	0,1644	0,05	0,950	350,00	332,50
Yht:				7,729 m <sup>3</sup>		2 355 €

Tämän jälkeen selvitetään juotoslaastin määrä elementtien pystysaumoissa (taulukko 27). Tarvittava laastimäärä saadaan pystysaumaa kohden kertomalla pystysauman pinta-ala seinäkorkeudella. Elementtitaulukossa 8 pystysaumojen tilavuutena käytetään mittapiirustuksista laskettua keskiarvoa 0,013 m<sup>3</sup>.

Laastin määrä pystysaumoissa lasketaan kertomalla pystysaumojen lukumäärä saumojen tilavuudella. Kustannukset saadaan kertomalla laastin määrä laastin hinnalla.

$$(\text{Pystysaumojen määrä}) \times (\text{Pystysaumojen tilavuus}) = \text{Laastin määrä}$$

$$(\text{Määrä}) \times (\text{Hinta}) = \text{Kustannus}$$

Taulukko 27. Elementtitaulukko 8

Juotoslaastin määrä pystysaumoissa					
Kerros	Pystys. (kpl)	Saumojen tilav. (m <sup>3</sup> )	Määrä (m <sup>3</sup> )	Hinta (€/m <sup>3</sup> )	Kustannus (€)
K.K	21	0,014	0,294	350,00	102,90
1.K	19	0,014	0,266	350,00	93,10
2.K	19	0,014	0,266	350,00	93,10
3.K	19	0,014	0,266	350,00	93,10
4.K	19	0,014	0,266	350,00	93,10
5.K	21	0,014	0,294	350,00	102,90
6.K	16	0,014	0,224	350,00	78,40
Yht:			1,873 m <sup>3</sup>		657 €

*Raudoitus:*

Lopuksi lasketaan pystysaumoihin tarvitta raudoituksen kilomäärä (taulukko 28). Raudoitusteräksenä käytetään 12 mm:n A500HW raudoitusterästä, jonka paino on 0,888 kg/m. Jokaiseen pystysaumaan tulee yksi raudoitustanko kerroskorkeuden mukaan. Pystysaumojen määränä käytetään elementti-taulukossa 8 esitettyjä määriä. Harjateräksen hintana on käytetty 0,94 €/kg (Klara.net).

Kustannukset lasketaan seuraavasti. Pystysaumojen määrä kerrotaan harjateräksen pituudella ja painolla jolloin saadaan selvitettyä raudoituksen kilomäärä. Kilomäärä kerrotaan harjateräksen hinnalla ja lopputulokseksi saadaan kustannus.

(Pystysaumojen määrä) x (Harjateräksen pituus) x (Harjateräksen paino) x (Raudoituksen kilomäärä) x (12Ø harjateräksen hinta) = Kustannus

Taulukko 28. Elementtitaulukko 9

Harjateräksen määrä pystysaumoissa						
Kerros	Pystys.(kpl)	Teräs.pit.(m)	12Ø (kg/m)	Raudoit.(kg)	Hinta (€/kg)	Kustannus (€)
K.K	21	3,2	0,888	59,67	0,94	56,08
1.K	19	2,74	0,888	46,22	0,94	43,44
2.K	19	2,74	0,888	46,22	0,94	43,44
3.K	19	2,74	0,888	46,22	0,94	43,44
4.K	19	2,74	0,888	46,22	0,94	43,44
5.K	21	2,74	0,888	51,09	0,94	48,02
6.K	16	2,74	0,888	38,92	0,94	36,58
Yht:						315 €

*Työkustannukset**elementtiasennustyö:*

Seuraavaksi lasketaan elementtiversiön työkustannukset (taulukko 29). Myös elementtiversiön työkustannukset lasketaan rakennusalan työehtosopimuksen urakkahinnoilla ja ehdoilla. Elementtiasennuksen työsisällön kokonaisuuteen kuuluvat asennus, kiinnitykset, tukkolaudoitukset, juotokset, saumavalut ja niiden muottilaudoitusten purku. Ulkoseinä- ja väliseinäelementtien asennustyölle on määritelty eri urakkahinnat ja työmenekit. Ulkoseinäelementin asennustyöhintana on käytetty 36,80 €/kpl ja väliseinäelementin 35,85 €/kpl. Työmenekki ulkoseinille on 1,86 tth/kpl ja väliseinille 1,81 tth/kpl. Elementtien kappalemäärät on laskettu elementtiversiön mittapiirustuksista.

Asennustöihin käytettävä aika saadaan kertomalla elementtien määrä asennustyön menekillä.

(Elementtien määrä) x (Menekki) = Aika

Elementtitöiden kustannus lasketaan, kun elementtien määrä kerrotaan urakkahinnalla.

(Elementtien määrä) x (Urakkahinta) = Kustannus

Taulukko 29. Elementtikohteen työkustannustaulukko

K-6. Kerroksen Elementtiasennustyön kustannukset						
Kerros	Tyyppi	Määrä (kpl)	Menekki (tth/kpl)	Aika (tth)	U.hinta (€/kpl)	Kustannus (€)
K.K	Ulkoseinä	15	1,86	27,90	36,80	552,00
	Väliseinä	11	1,81	19,91	35,85	394,35
1.K	Ulkoseinä	15	1,86	27,90	36,80	552,00
	Väliseinä	10	1,81	18,10	35,85	358,50
2.K	Ulkoseinä	14	1,86	26,04	36,80	515,00
	Väliseinä	10	1,81	18,10	35,85	358,50
3.K	Ulkoseinä	14	1,86	26,04	36,80	515,20
	Väliseinä	10	1,81	18,10	35,85	358,50
4.K	Ulkoseinä	14	1,86	26,04	36,80	515,20
	Väliseinä	10	1,81	18,10	35,85	358,50
5.K	Ulkoseinä	15	1,86	27,9	36,80	552,00
	Väliseinä	11	1,81	19,91	35,85	394,35
6.K	Ulkoseinä	11	1,86	20,46	36,80	404,80
	Väliseinä	12	1,81	21,72	35,85	430,20
Yht:	Ulkoseinä	98		183		3 606 €
	Väliseinä	74		134		2 653 €
Kok.Kustannus						6 259 €

Kalustokustannukset

Elementtiasennustyön kalustokustannukset ja sisältö muodostuvat samalla tavalla kuin opinnäytetyön kohdassa 4.2. Tässä osassa kalusto on elementtitöiden asettamien vaatimusten mukaista (taulukko 30), mutta muilta osin kaluston toimittajat ja ehdot ovat samat kuin edellä esitettyssä. Elementtitöiden työntekijätuntimääränä käytetään elementtikohteen taulukko 29 esitettyjä työntekijätunteja. Ulko- ja väliseinätöiden kokonaistunnit ovat siis 318 tth. Saadut kokonaistunnit muutetaan kuukaussiksi jakamalla aika kuukausittaisella työajalle eli 160 tunnilla. Kaluston vuokra-ajaksi tulee tällöin 1,9 kuukautta.

Kalustokustannukset lasketaan kertomalla kaluston määrä vuokrahinnalla ja -ajalla.

(Kaluston määrä) x (Vuokrahinta) x (Vuokra-aika) = Kustannus

Taulukko 30. Elementtikohteen kalustokustannustaulukko

Elementtikohteen kalusto				
Kalusto	Määrä (kpl)	Vuokra (€/kk)	Aika (kk)	Kustannus
Torninosturi	1	5200,00	1,9	9880,00
Elementtiteline	1	1311,98	1,9	2493,00
Elementtituet	52	16,38	1,9	1618,00
Betonimylly	1	341,25	1,9	648,00
Valukottikärryt	1	216,46	1,9	411,00
Betonivibra	1	536,61	1,9	1020,00
Roskakärryt	2	216,46	1,9	823,00
Asennuspukki	2			100,00
Käsityökalut				2500,00
Kiinnitystarvikkeet				2500,00
Yhteensä:				21 993,00 €

### 5.3 Elementtiseinien kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä

Tässä osassa keskityn elementtirakentamisen työmaatekniseen toteutukseen ja siihen liittyviin haasteisiin. Tarkastelun kohteeksi on valittu kolme elementtistöihin vaikuttavaa tekijää. Kohdassa 5.3.1 käsitellään nostotyön toteutusta, kohdassa 5.3.2 pohditaan elementtien kuljettamista ja varastointia sekä kohdassa 5.3.3 sääsuojausta. Tarkoituksena on tuoda esiin muita kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä, jotka tulee ottaa huomioon toteutustapaa valitessa.

#### 5.3.1 Nostotyöt

”Nosturikustannus on keskimäärin neljännes elementtiasennuksen kustannuksista”. Nostokaluston valinta on yksi elementtiasennustöiden tärkeimmistä tehtävistä työn onnistumisen kannalta. Työmaalle valitaan oikeanlainen ja kokoinen nosturi, jonka nostokapasiteetti on riittävä. Vaihtoehdot ovat yleensä joko torninosturi tai ajoneuvonosturi. Ajoneuvonosturia käytetään kohteissa, jonka runkotyövaihe on lyhyt. Laajemmissa ja korkeammissa kohteissa, kuten asuinkerrostalot, käytetään tavallisesti torninosturia. Tällöin myös torninosturin korkeat kasaus- ja purkukustannukset ovat taloudellisesti järkevämmät. (Betoniteollisuus ry 2004, 491.)

Elementtiasennuksissa kaluston tarvittava nostokyky ja ulottuvuus määritellään elementtien painon ja nostoetäisyyksien mukaan. Työmaan aluesuunnitelma toimii pohjana, jonka perusteella voidaan suunnitella nostokaluston sijaintia. Esimerkiksi Auto-CAD ohjelmistolla toteutetussa työmaan aluesuunnitelmassa etäisyyksiä ja nostosäteitä on helppo mitata. Mitä tarkemmin nostokaluston ennakkosuunnittelu toteutetaan, sitä todennäköisemmin kalustovalinta on oikea.

#### 5.3.2 Kuljetus ja varastointi

Elementtien kuljetus tehtaalta työmaalle tapahtuu sovittuna ajankohtana. Olisi suotavaa, että kuljettaja ja työnjohto pitäisivät työmaalla katselmuksen ennen elementtien toimitusta, jotta kuljettaja on tietoinen työmaan liikennejärjestelyistä. Kuljetuksen aikana elementit usein likaantuvat ja niihin voi tulla laatupuutteita, kuten lohkeamisia. Onnistunut elementtien toimitus alkaa tehtaalta, jossa elementtejä käsitellään huolellisesti aina varastosta lastaukseen saakka. Lastauksessa elementit sidotaan tiukasti lavalle, kulmat suojataan kiinnitysketjujen kohdalta ja elementtien välissä käytetään puhtaita välipuita. Työmaalla elementit voidaan asentaa suoraan kuormasta tai ne voidaan varastoidaan kampatelineeseen. Elementtejä ei saa varastoida maata vasten, vaan elementin ja maan väliin on asetettava aluspuu, jonka päällä elementti lepää. (Betoniteollisuus ry 2004, 486.)

### 5.3.3 Elementtien sääsuojaus

Elementtien sääsuojauksella pyritään välttämään kosteuden kerääntymistä rakenteisiin. Kosteus kertyy tyypillisesti elementtien raja- ja villapintoihin. Tämä aiheuttaa ylimääräistä kosteusrasitusta, joka voi olla haitaksi tulevilla työvaiheilla. Elementtien sääsuojaukseen tulee kiinnittää huomiota jo kuljetusvaiheessa, jolloin elementit kuljetetaan tehtaalta työmaalle. Kuljetuksen aikana elementit suojataan kuljetuskaluston omalla katteella, mikäli tämä vain on mahdollista. Työmaalla elementit suojataan joko muovihupulla tai tuulensuojakankaalla koko rakennustyön ajan (kuva 9). Huolellisella sääsuojauksella pystytään vaikuttamaan rakennuksen lopulliseen laatuun ja kustannuksiin. (Betoniteollisuus ry 2004, 487.)



Kuva 9. Elementtien sääsuojaus (Thil 2013-09-11)



## 6 KERROSTALON SEINÄRAKENTEIDEN KUSTANNUSVERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan aiemmin laskettuja paikallavalu- ja elementtirakenteisten seinien kustannuksia. Luvussa on kolme kustannustaulukkoa jokaiselle kustannusryhmälle. Taulukot on jaettu kahden osaan, jossa taulukon vasemmalla puolella on paikallavalukohteen kustannukset ja oikealla puolella elementtikohteen kustannukset. Taulukossa 31 on esitetty kohteiden materiaalikustannukset. Taulukossa 32 työkustannukset ja taulukossa 33 kalustokustannukset. Jokaisessa taulukossa on myös prosenttisarake, jonka tavoitteena on havainnollistaa yksittäisen panoksen prosenttiosuus kokonaiskustannuksista. Kustannuksia vertaillaan myös sanallisesti, luvuin sekä prosentteina.

Taulukko 31. Kustannustaulukko 1

Materiaalikustannukset					
Paikallavalukohde			Elementtikohde		
Materiaali	Kustannus €	Osuus %	Materiaali	Kustannus €	Osuus %
Betoni	31228,00	51,9	Ulkos.Elementti	128190,00	66,3
Raudoitteet	19394,00	32,2	Välis.Elementti	61742,00	32
Työsaum.Raud	7975,00	13,2	Alasaumalaast.	2355,00	1,2
Puutavara	1610,00	2,7	Pystysaumalaast.	657,00	0,3
			Raudoitteet	315,00	0,2
Yhteensä:	60207,00	100		193259,00	100

Paikallavalukohteen materiaalien kokonaiskustannukset ovat 60 207 euroa ja elementtikohteen 193 259 euroa. Paikallavalun kallein panos on valmisbetoni (31 228 €), kun taas elementtikohteessa ulkoseinäelementit muodostavat kalleimman osan (128 190 €). Taulukosta nähdään, että elementtikohteen toiseksi kallein panos on väliseinäelementit (61 742 €) 32 prosentin osuudella kokonaiskustannuksista. Yhdessä ulko- ja väliseinäelementit muodostavat 98,3 prosenttia materiaalikustannuksista. Paikallavaluvaihtoehdossa kaksi kalleinta panosta muodostavat 84 prosenttia kuluista. Elementtikohteen loput kustannukset ovat 1,7 prosenttia kokonaiskustannuksista, kun paikallavalussa ne ovat 15,9 prosenttia.

Taulukko 32. Kustannustaulukko 2

Työkustannukset					
Paikallavalukohde			Elementtikohde		
Työlaji	Kustannus €	Osuus %	Työlaji	Kustannus €	Osuus %
Suurmuotti	11513,00	61	Ulkos.Asenn.	3606,00	57,6
Raudoitus	5000,00	26,5	Välis.Asenn.	2653,00	42,2
Betonointi	2360,00	12,5			
Yhteensä:	18873,00	100		6259,00	100

Työkustannukset ovat paikallavalukohteessa 18 873 euroa ja elementtikohteessa 6 259 euroa. Ulko-seinäelementtien asennus on elementtikohteen kallein työvaihe 57,6 prosentin osuudella. Kustannus on tällöin 3 606 euroa. Paikallavalukohteen kallein työvaihe verrattuna elementtikohteeseen on suurmuottien asennustyö. Kustannuksia urakatyölle kertyy 11 513 euroa ja se muodostaa 61 prosenttia työkustannuksista. Väliseinien asennustyö on elementtikohteessa ulko-seinien asennustyön jälkeen kallein menoerä 2653 eurolla. Vastaavasti raudoitus on paikallavalukohteen toiseksi kallein työvaihe ennen betonointia.

Taulukko 33. Kustannustaulukko 3

Kalustokustannukset					
Paikallavalukohde			Elementtikohde		
Kalusto	Kustannus €	Osuus %	Kalusto	Kustannus €	Osuus %
Torninosturi	33280,00	57,5	Torninosturi	9880,00	45
Valuastia	2904,00	5	Elementtiteline	2493,00	11,3
Betonivibra	3434,00	5,9	Elementtituet	1618,00	7,4
Konsolitelineet	2880,00	5	Betonimylly	648,00	3
Raudoitusleikk.	3898,00	6,8	Valukottikärryt	411,00	1,8
Raudantaivutin	912,00	1,7	Betonivibra	1020,00	4,6
Työmaasirkkeli	2688,00	4,6	Roskakärryt	823,00	3,7
Roskakärry	2771,00	4,8	Asennuspukit	100,00	0
Asennuspukki	100,00	0	Käsityökalut	2500,00	11,4
Käsityökalut	2500,00	4,3	Kiinnitystarvikk.	2500,00	11,4
Kiinnitystarvikk.	2500,00	4,3			
Yhteensä:	57 867 €	100		21 993 €	100

Paikallavalukohteen kalustokustannukset ovat yhteensä 57 866 euroa ja elementtikohteen 21 992 euroa. Molempien kohteiden kallein kuluerä on torninosturi. Torninosturista aiheutuu paikallavalukohteessa 33 280 euron ja elementtikohteessa 9 880 euron kustannukset. Paikallavalukohteen kaikista kustannuksista 57,5 prosenttia aiheutuu torninosturin vuokrasta, kun elementtikohteessa se jää 45 prosenttiin. Raudoitusleikkuri, betonivibra, valuastia, konsolitelineet ja roskakärrit ovat torninosturin jälkeen paikallavalukohteen kalleimpia kalustopanoksia. Näistä muodostuva menoerä on yhteenlaskettuna 13 007 euroa. Käsityökalut, kiinnitystarvikkeet, elementtiteline ja -tuet sekä betonivibra aiheuttavat vastaavasti seuraavaksi suurimman menoerän elementtikohteessa. Tällöin kustannukset ovat 10 131 euroa. Lopuista paikallavalukohteen kalustopanoksista aiheutuu 8 700 euron menoerä, kun elementtikohteessa jäädyään 1 991 euroon.

## 7 TULOKSET JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kahden eri seinärakenteen materiaali-, työ-, ja kalustokustannukset sekä tehdä näistä kustannusvertailu edullisemman vaihtoehdon selvittämiseksi. Paikallavalu- ja elementtirakenteisten seinien kustannusvertailusta saadut tulokset osoittavat, että laskennassa käytetyn kerrostalon seinärakenne on halvempi toteuttaa paikallavaluen. Paikallavaluna toteutettujen seinien kokonaiskustannukset ovat 136 947 euroa, josta 60 207 euroa on materiaalikustannuksia, 18 873 euroa työkustannuksia ja 57 867 kalustokustannuksia. Elementtiseinien kustannukset nousevat 221 511 euroon, jossa materiaalikustannukset muodostavat 193 259 euroa, työkustannukset 6 259 euroa ja kalustokustannukset 21 993 euroa. Seinien toteutus paikallavaluen on näiden edellä osoitettujen tulosten perusteella 38,2 prosenttia edullisempi ratkaisu verrattuna elementtirakenteisiin seiiniin.

Elementtiseinien korkeat materiaalikustannukset selittävät huomattavan eron vaihtoehtojen välillä. Materiaalikustannukset ovat kokonaisuudessaan 193 259 euroa ja ne muodostavat 87 prosenttia kaikista elementtiseinien kustannuksista. Ulko- ja väliseinäelementit kustannukset ovat tästä summasta 189 932 € eli 86 prosenttia. Tämän perusteella voidaan todeta, että työ- ja kalustokustannuksien merkitys on varsin vähäinen verrattuna materiaaleista aiheutuviin kustannuksiin. Opinnäytetyössä on pystytty osoittamaan, että elementtikerroksen materiaalikustannukset määrittelevät pitkälti seinärakenteiden kokonaiskustannukset.

Kustannukset jakautuvat tasaisemmin paikallavalukohteen rakentamisessa. Valmisbetoni ja raudoitteet ovat paikallavalukohteen materiaalikustannuksissa menoerinä suurimmat ja niistä aiheutuu 58 597 euron kulut. Varsinkin työsaumaraudoitteista aiheutuva 7 975 euron kustannus on suuri, kun tarkastellaan raudoituskustannuksia. Tämä voidaan selittää sillä, että työsaumaraudoitteet ovat erikoisraudoitteita tavalliseen harjateräkseseen verrattuna, jolloin niiden hankintahinta on huomattavasti kalliimpi. Suurin menoerä työkustannuksissa on suurmuottityö 11 513 € ja kalustokustannuksissa torninosturi 33 280 €.

Opinnäytetyössä käsiteltiin laajasti kerrostalon seinien paikallavalu- ja elementtirakentamista yleisellä tasolla aina yksityiskohtaisempaan kustannusten laskemiseen. Työlle asetetut lähtökohdat ja tavoitteet määrittivät työn rakenteen siten, että suurin painoarvo oli kustannusten laskemisessa ja vertailussa. Työssä pyrittiin tämän lisäksi löytämään ja esittämään ratkaisuja kokonaiskustannuksia nostaviin ongelmakohtiin työmaalla. Tästä esimerkkinä opinnäytetyön luvut 4.3 ja 5.3. Lopputulokseksi saatiin niin konkreettista kustannustietoutta kuin hyödyllisiä ohjeita kustannustehokkaamman työmaatekniikan toteuttamiseen. Opinnäytetyöprosessi oli kokonaisuudessaan haastava, mutta äärimmäisen opettava projekti, jossa oppia tuli etenkin kustannuslaskennan parissa. Opinnäytetyön suurimmat haasteet olivat määrälaskennassa ja luotettavien hintalähteiden löytämisessä.

Työn ulkopuolelle jätettiin tarkoituksellisesti paljon muuttuvia tekijöitä, joilla olisi ollut vaikutuksia kustannuksiin. Opinnäytetyössä ei huomioitu rakentamisajasta aiheutuvia kuluja, suhdanteita, rakennuspaikkaa tai vuoden aikaan jolloin rakennus toteutettaisiin. Opinnäytetyön ulkopuolelle jäivät käytännössä työmaan käyttö- ja yhteiskustannukset, maassa vallitsevan taloudellisen tilan vaikutukset, rakennuspaikasta aiheutuvat kustannukset sekä talvilisätyöt. Yksikin edellä mainituista tekijöistä muuttaisi lopputulosta niin, ettei teoreettinen kustannusvertailu vaihtoehtojen välillä olisi enää ollut järkevää.

Onko taloudellisempaa rakentaa kerrostalon seinät paikallavalaen vai elementteinä? Insinöörityön perusteella vastaus olisi paikallavalu, mutta oikean vastauksen antaminen todellisuudessa ei ole näin yksinkertaista. Mielestä taloudellisempi vaihtoehto määräytyy rakennushankkeen luonteen, ominaisuuksien ja tavoitteiden mukaan. Tämän lisäksi tarvitaan eri ammattilaisten yhteistyötä ja kokemusta sekä teoreettisia laskelmia. Kun näissä edellä mainituissa asioissa onnistutaan, niin lopputuloksena on taloudellisesti edullisempi vaihtoehto.

## LÄHTEET

AHOLA, Kaija 2012. Kustannuslaskenta, toimiva työväline? Turun ammattikorkeakoulu. Bioalat ja liiketalous. Opinnäytetyö. [Viitattu 2014-01-16].

Saatavissa: [http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/50067/Ahola\\_Kaija.pdf?sequence=1](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/50067/Ahola_Kaija.pdf?sequence=1)

Elementtisuunnittelu www-sivut. [Viitattu 2014-01-14].

Saatavissa: <http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/valmisosarakentaminen>

Halfen –työsaumaraudoitteet. [verkkoaineisto].

Saatavissa: [http://www.halfen.fi/d/31\\_9352/se/media/pricelists/halfen\\_hinnasto\\_2013.pdf.pdf](http://www.halfen.fi/d/31_9352/se/media/pricelists/halfen_hinnasto_2013.pdf.pdf)

Lemminkäinen www-sivut. [Viitattu 7.1.2014].

Saatavissa: <http://www.lemminkainen.fi/>

RTT RAKENNUSTUOTETEOLLISUUS RY BETONITEOLLISUUSJAOSTO. 1995. Paikallavalu vaihtoehtona. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy

SBK-SÄÄTIÖ 2009. Tehdään elementeistä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

SIIKANEN, Unto. 2009. Rakennusaineoppi. 7. painos. Helsinki: Rakennustieto Oy

Suur- ja erikoismuottityö. RATU 0401. [verkkoaineisto]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2014-01-20]

Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

Suur- ja erikoismuottityö. RATU 0403. [verkkoaineisto]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2014-01-21]

Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

SUOMEN BETONIYHDISTYS RY. 2004. Betonitekniikan oppikirja by 201. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Tamminiemi www-sivut. [Viitattu 2014-07-29].

Saatavissa: [http://www.tamminiemi.com/hinnasto/sahattu\\_tavara.html](http://www.tamminiemi.com/hinnasto/sahattu_tavara.html)

UUSITALO, Jukka, IHANAMÄKI, Jouko, RAJALA, Raimo, VALLIN, Olavi 2005. Betonityöt. 7. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

VUORELA, Kari, URPOLA, Jussi, KANKAINEN, Jouko 2001. Johdatus rakentamistalouteen. Espoo: Otamedia Oy

Väli- ja ulkoseinäelementtityö. RATU 0392. [verkkoaineisto]. Helsinki: Rakennustieto [viitattu 2014-01-23]

Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot>

## Liite 1, TARJOUSPYYNNÖT

Tarjoukset pyydetty sähköpostilla Lambertsson Oy:ltä torninosturista ja Doka Oy:ltä konsolitelineistä.  
Tarjouspyynnöt lähetetty ajalla 27.5. – 30.6.2014.

## TARJOUSPYYNTÖ 1,

Lambetsson Oy, Torninosturi

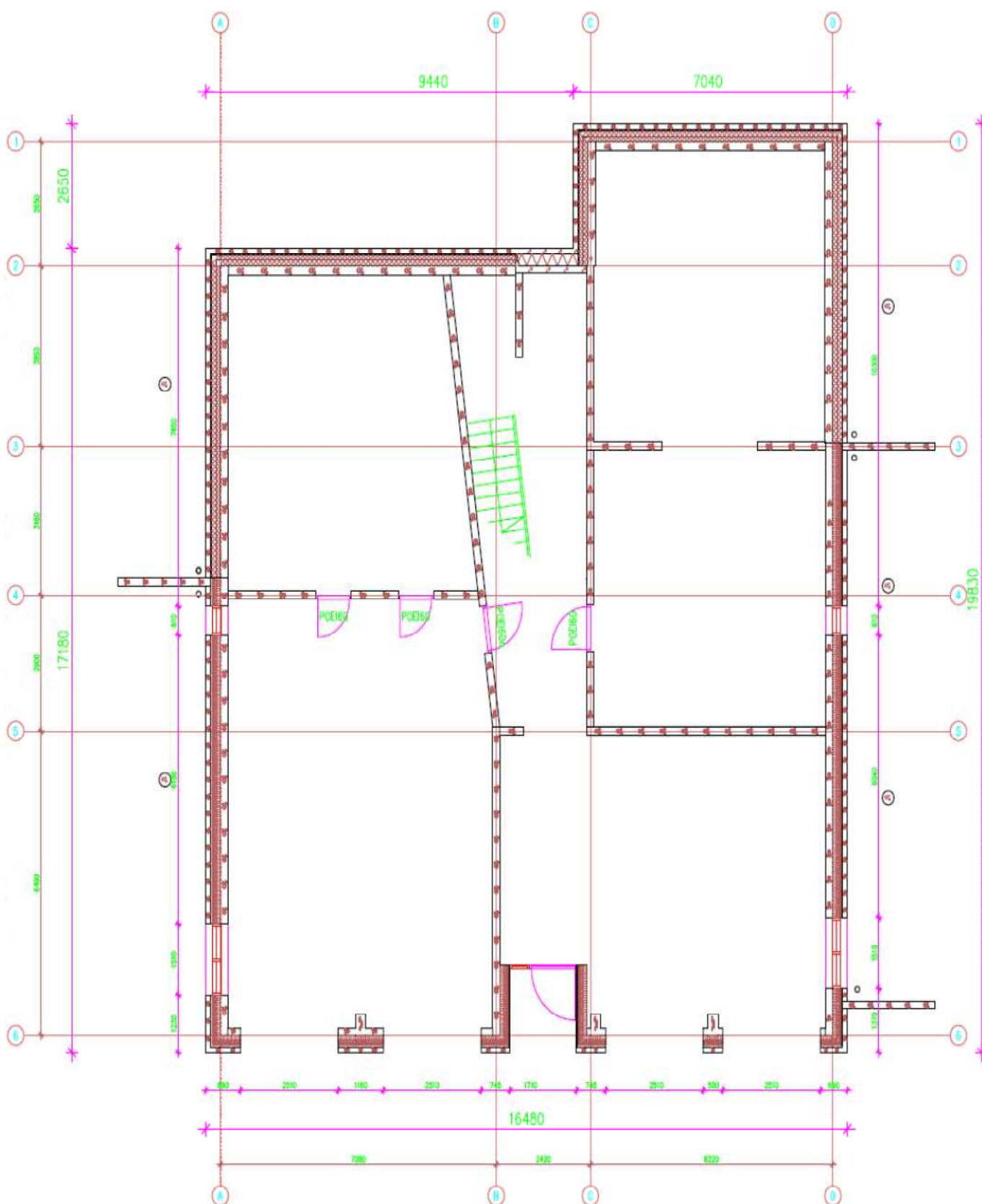
Tarjous vastaanotettu sähköpostilla 27.5.2014 .

## TARJOUSPYYNTÖ 2,

Doka Oy, konsolitelineet

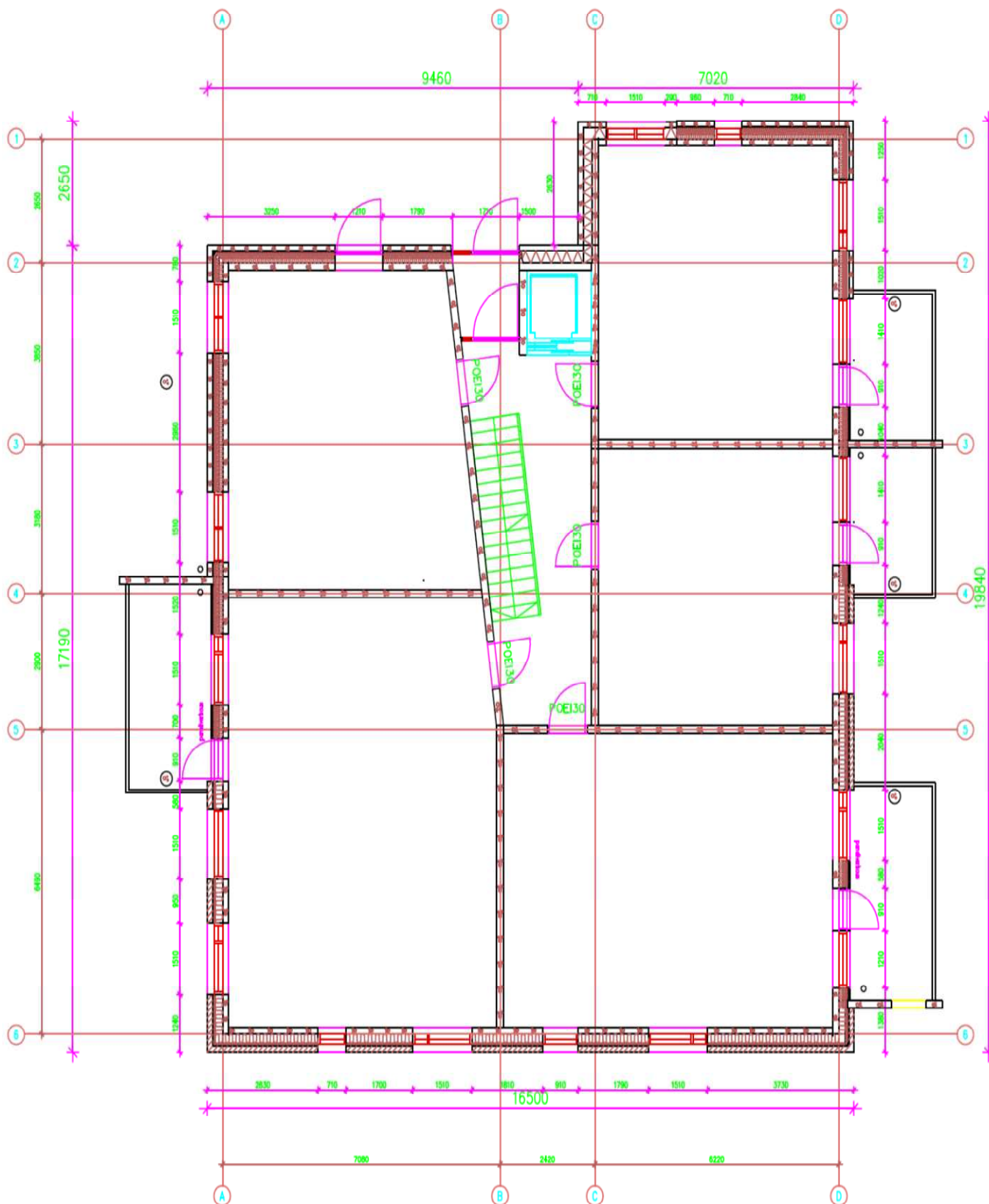
Tarjous vastaanotettu sähköpostilla 1.7.2014.

## LIITE 2, KELLARIN POHJAPIIRUSTUS, PAIKALLAVALU

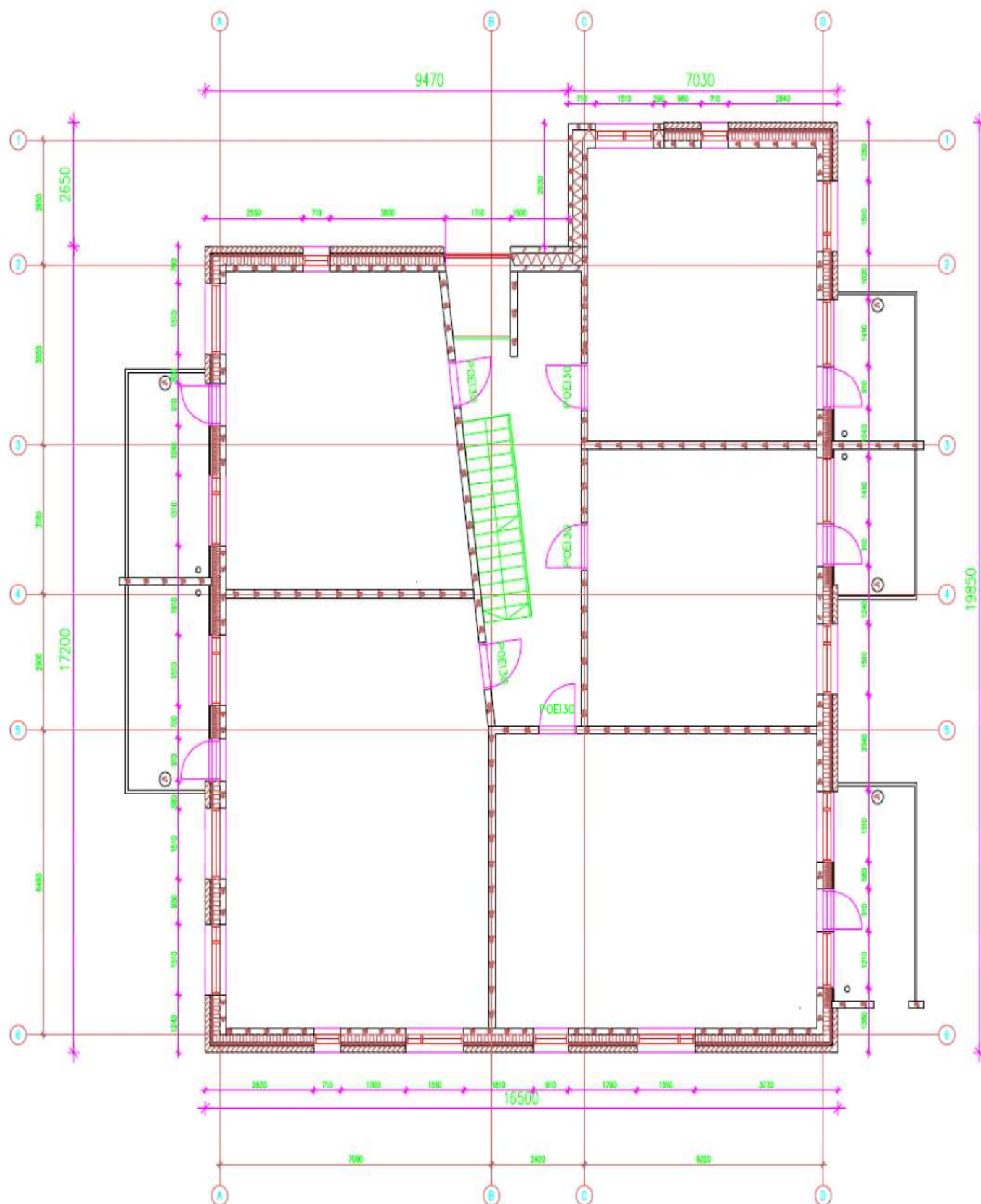




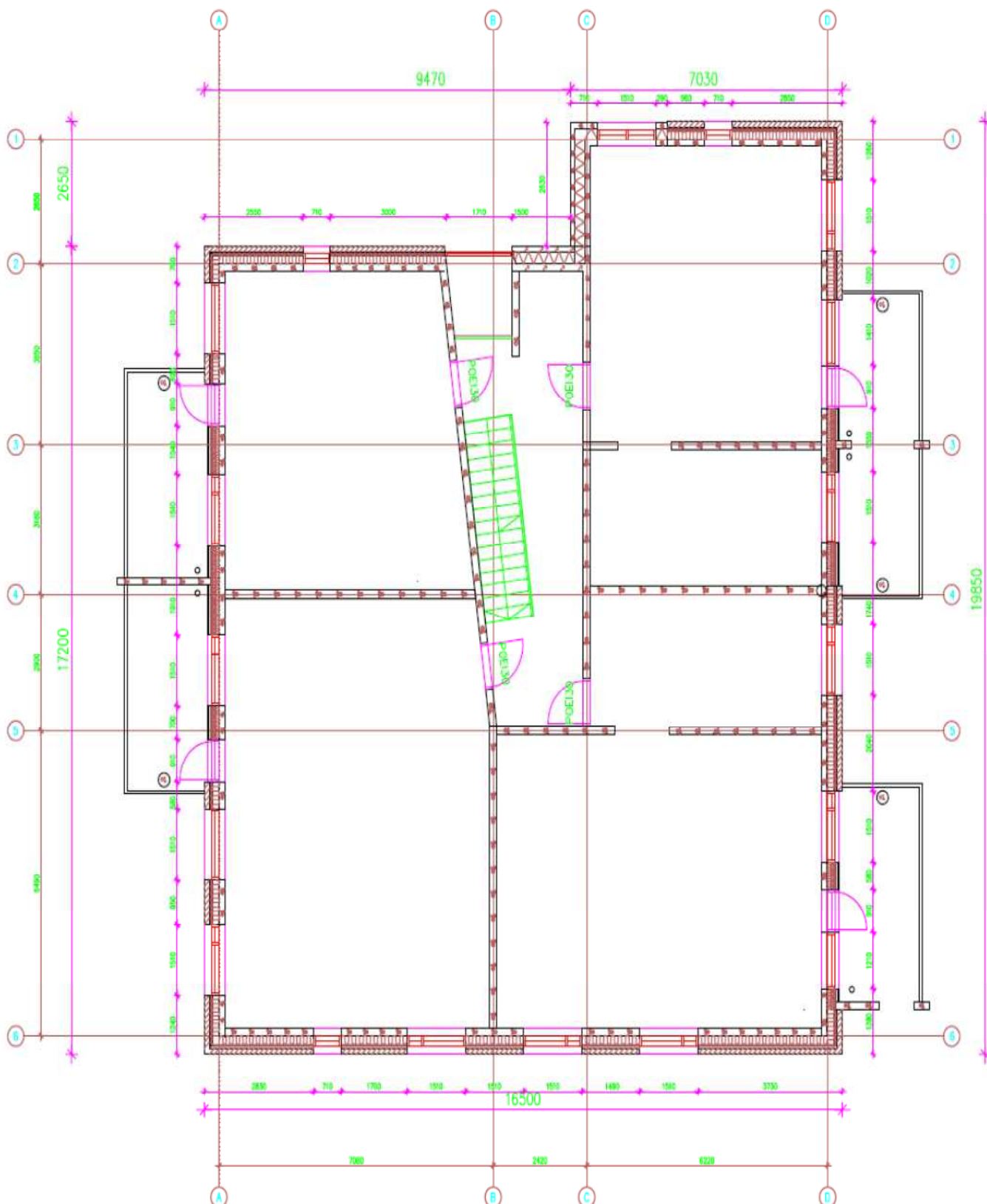
## LIITE 3, 1. KERROKSEN POHJAPIIRUSTUS, PAIKALLAVALU

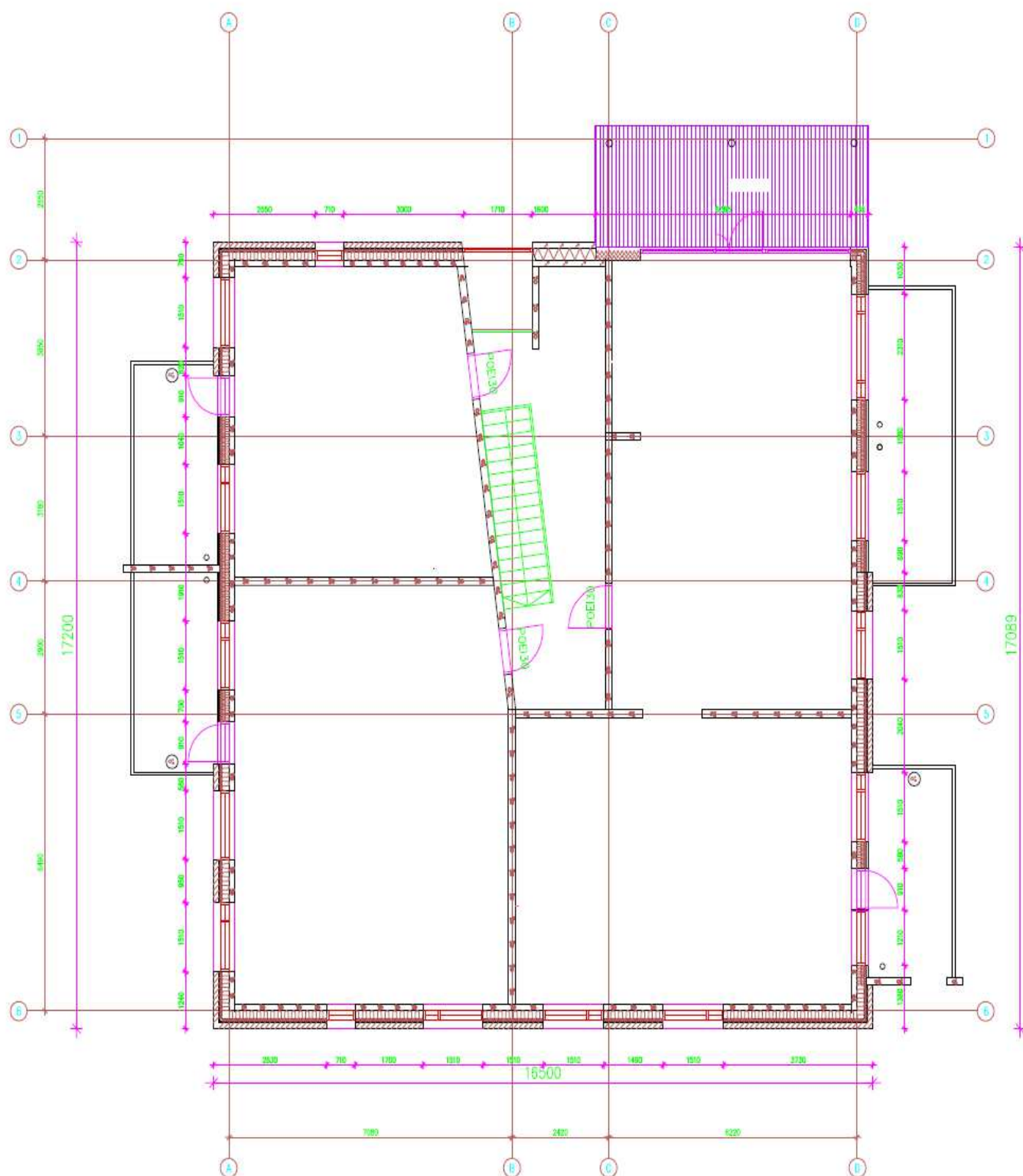


## LIITE 4, 2-4. KERROKSEN POHJAPIIRUSTUS, PAIKALLAVALU



## LIITE 5, 5. KERROKSEN POHJAPIIRUSTUS, PAIKALLAVALU

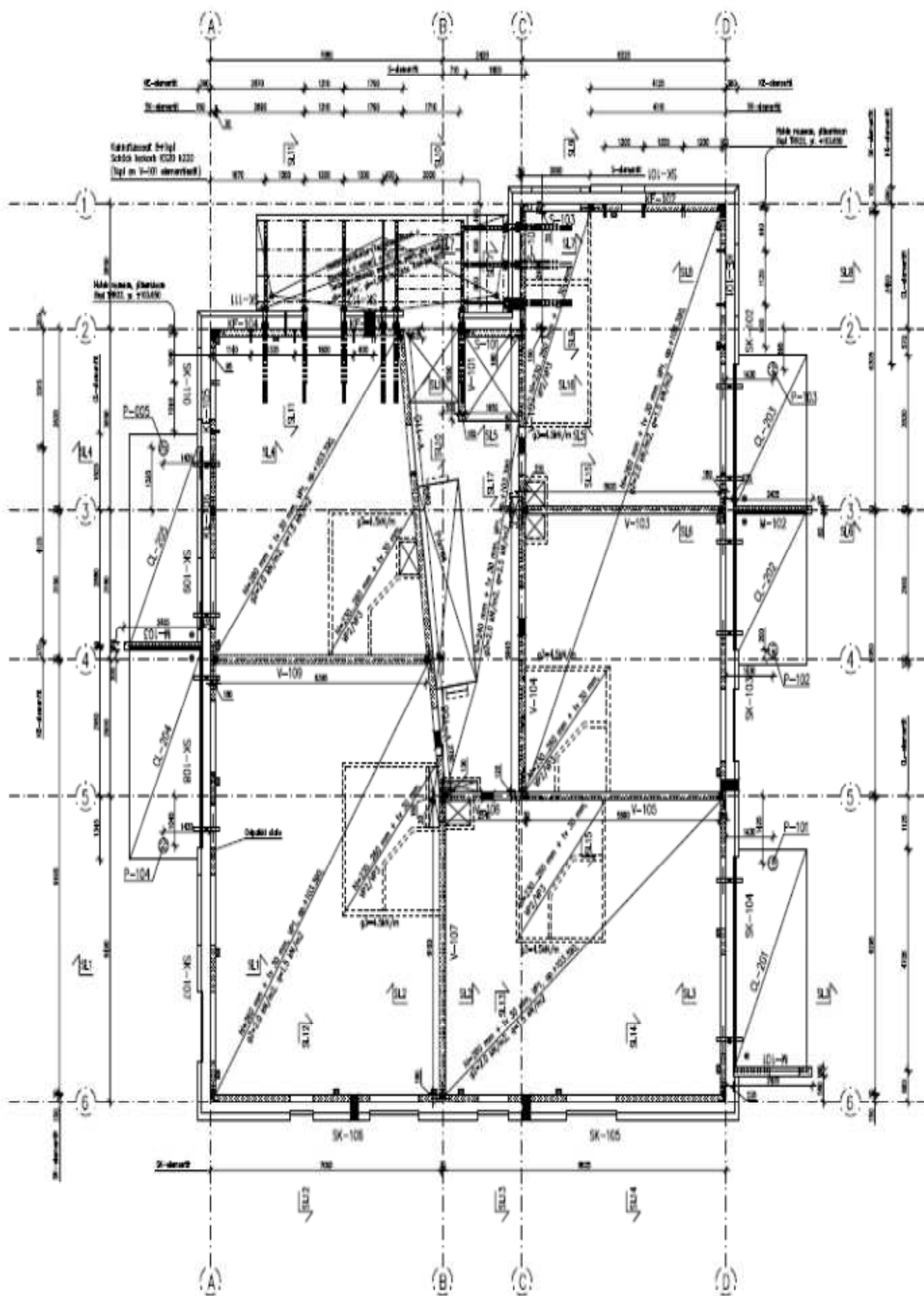




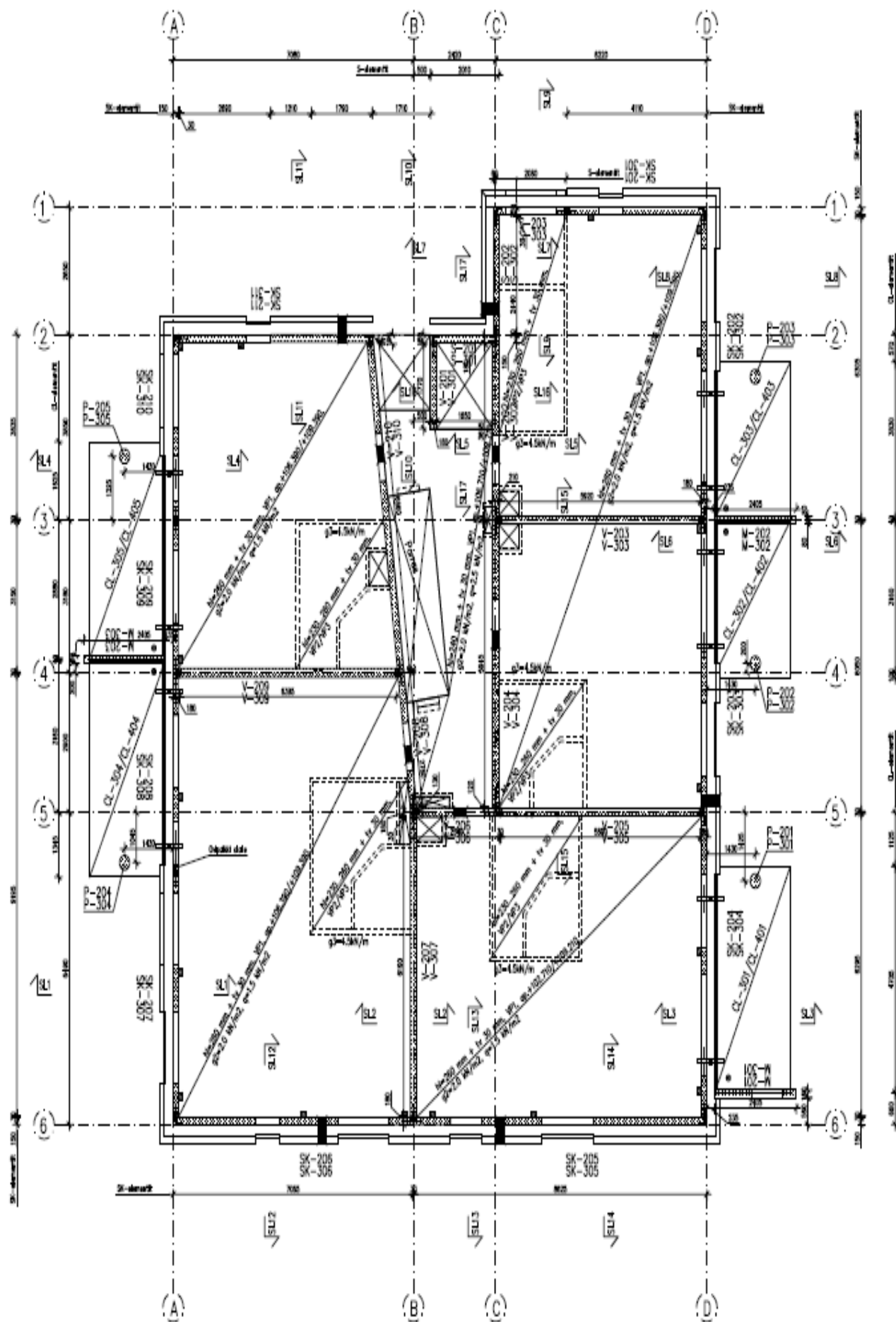




## LIITE 8, 1. KERROKSEN MITTAPIIRUSTUS, ELEMENTTI

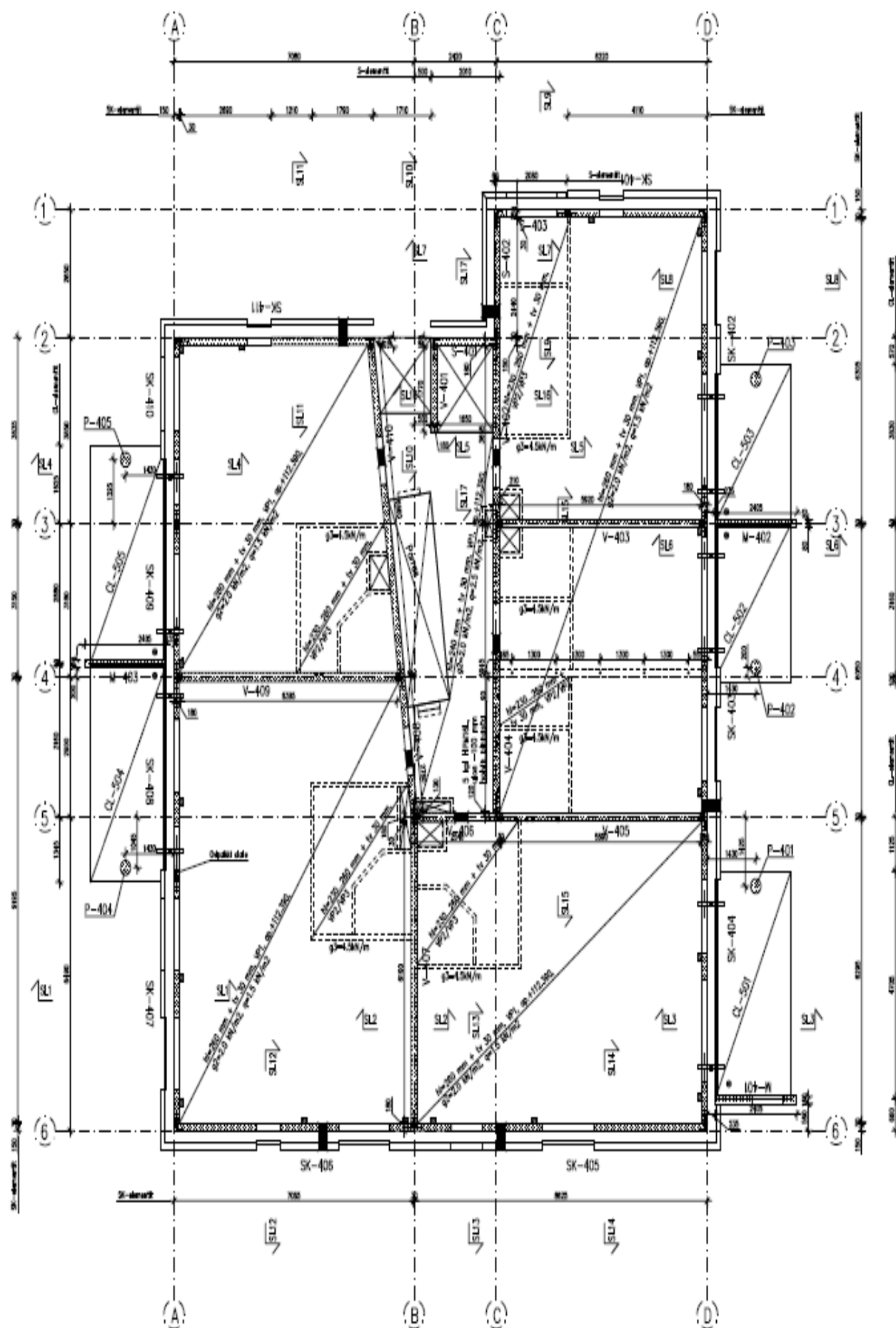


## LIITE 9, 2-3. KERROKSEN MITTAPIIRUSTUS, ELEMENTTI

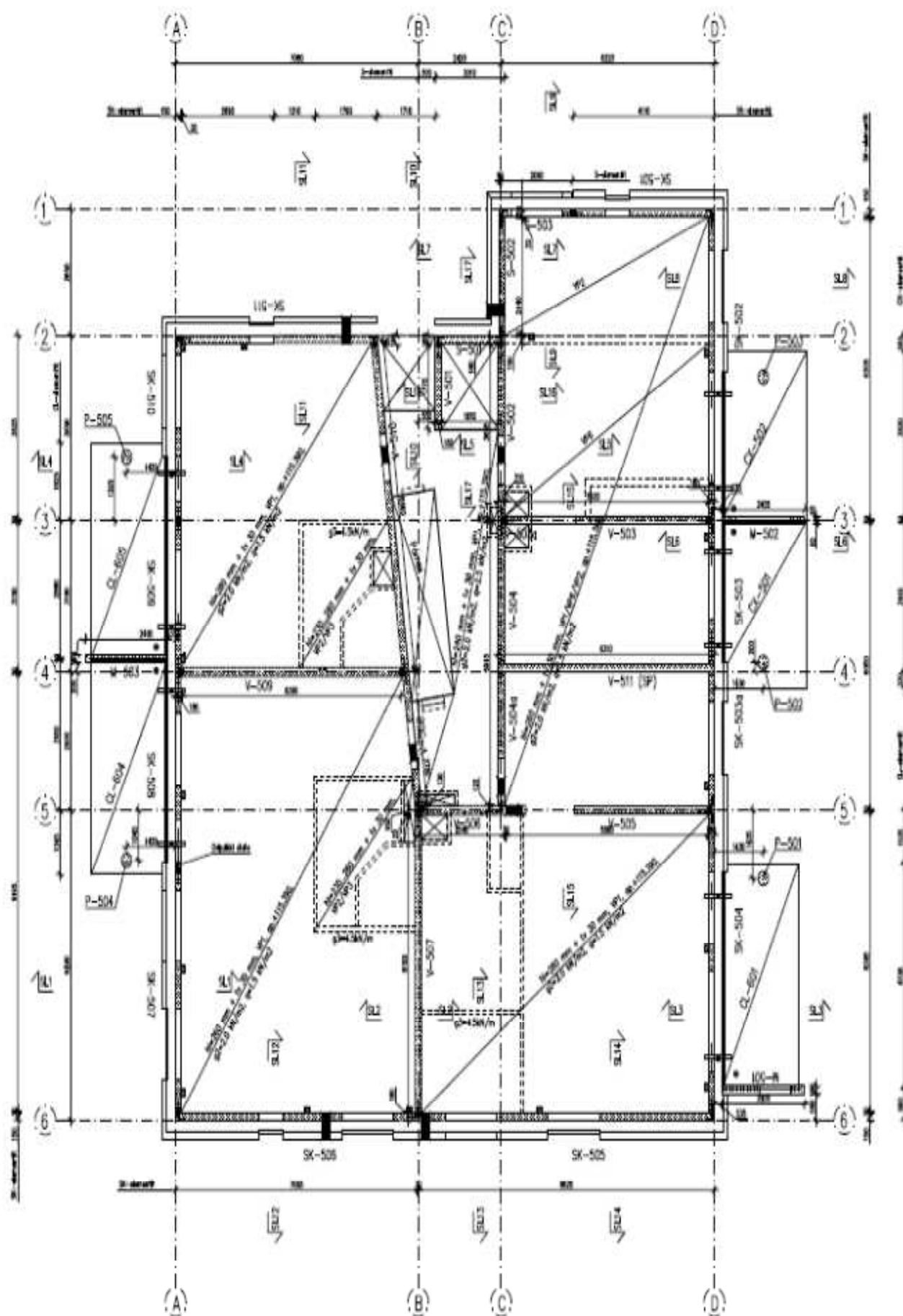




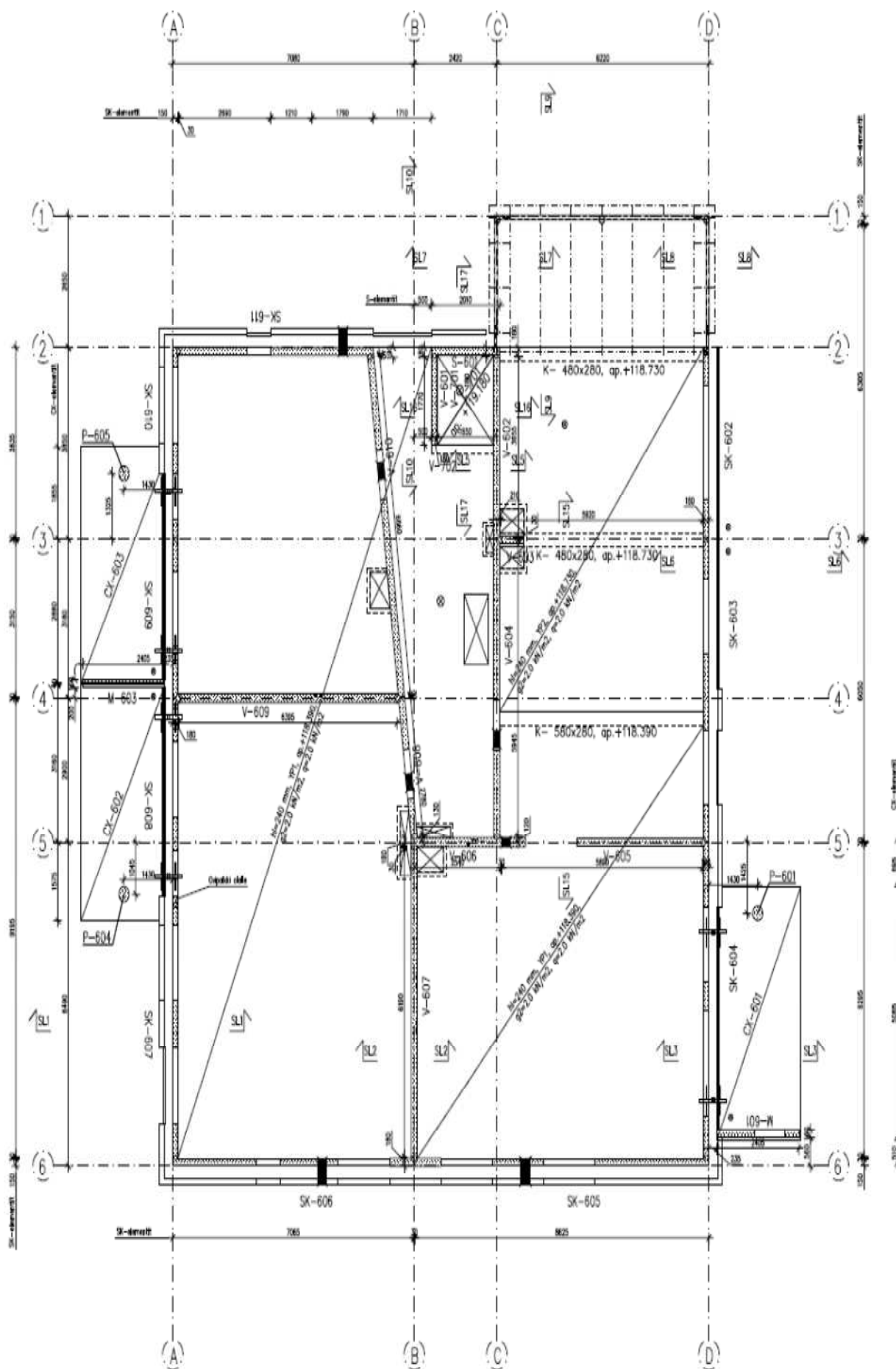
## LIITE 10, 4. KERROKSEN MITTAPIIRUSTUS, ELEMENTTI



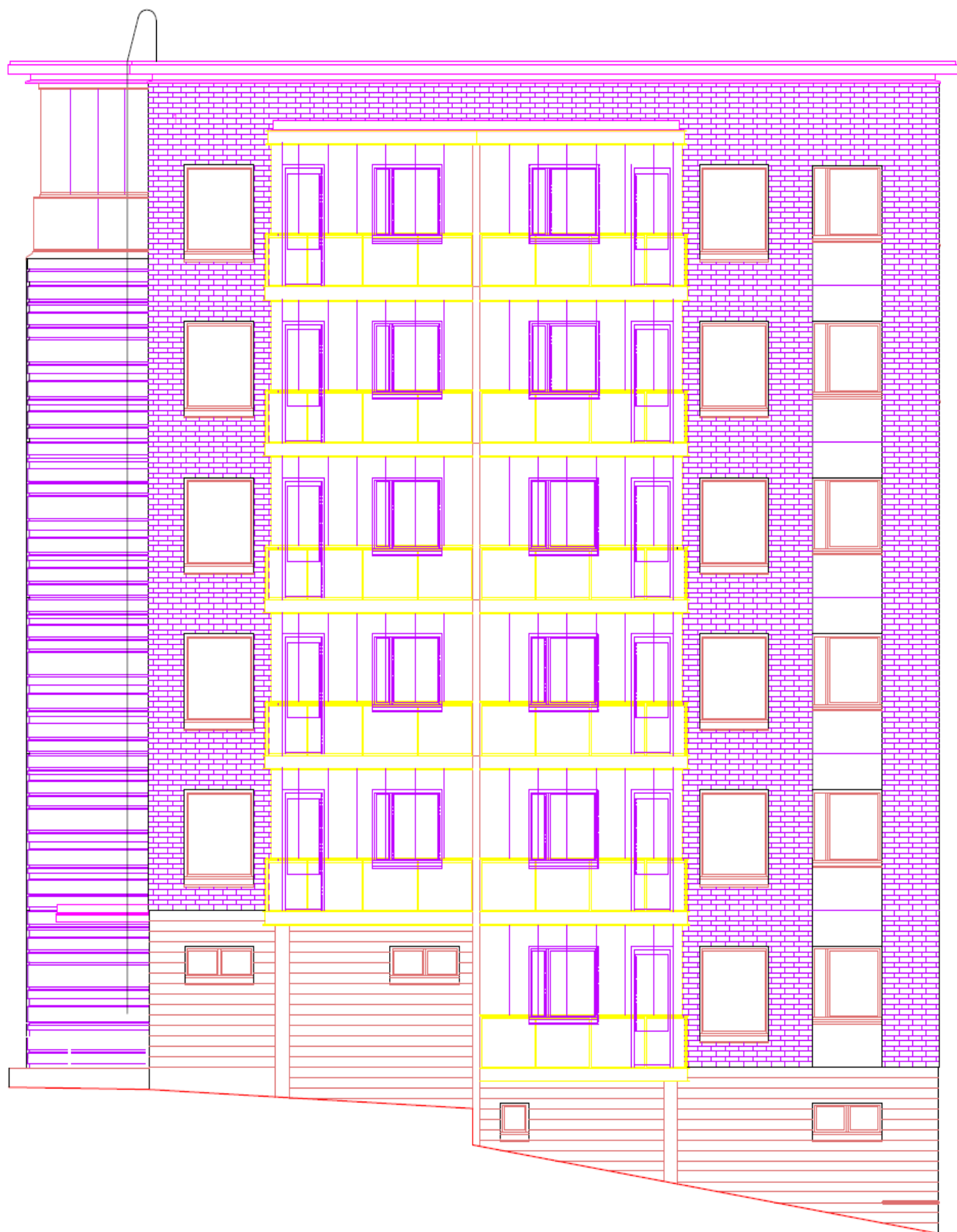
## LIITE 11, 5. KERROKSEN MITTAPIIRUSTUS, ELEMENTTI



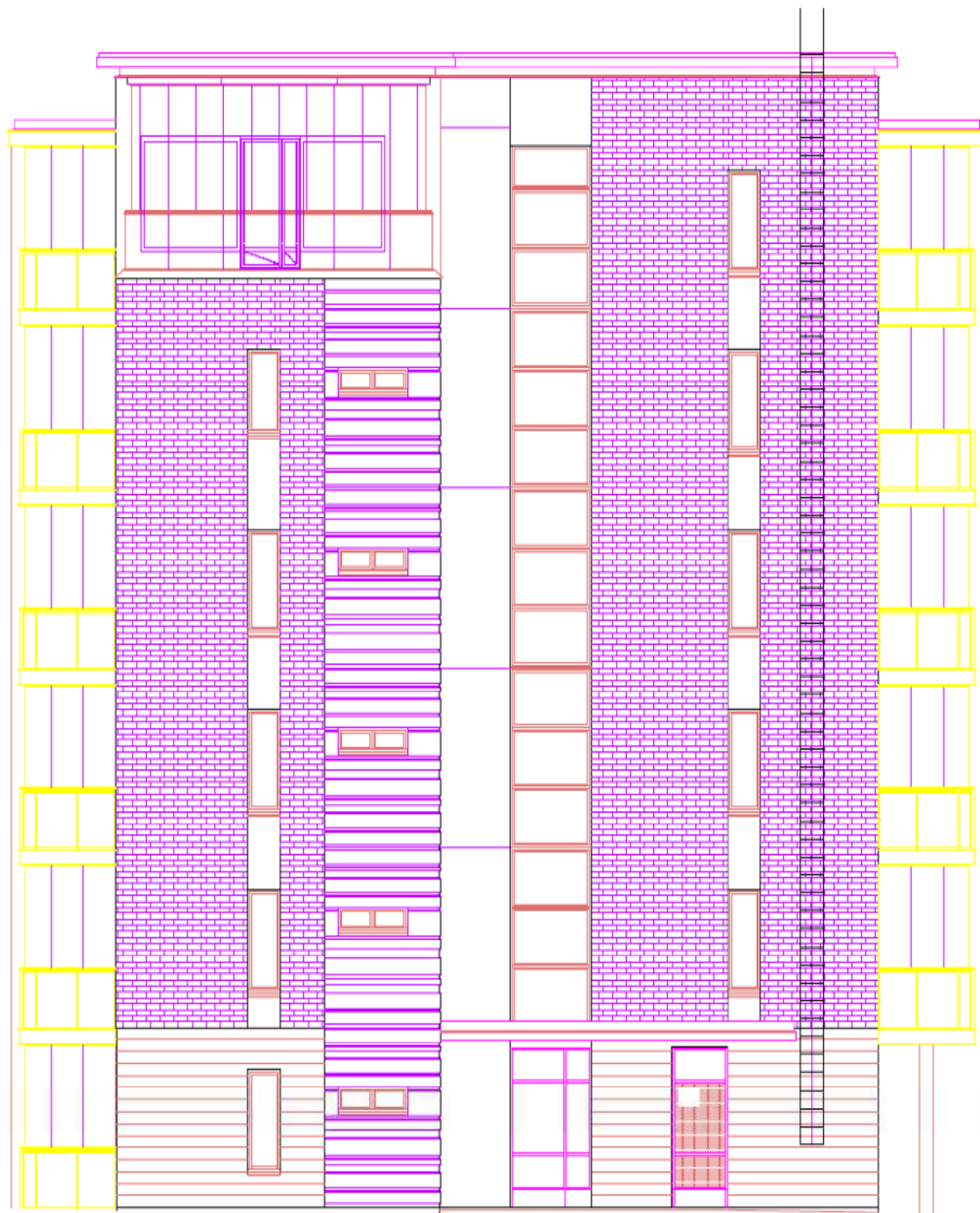
## LIITE 12, 6. KERROKSEN MITTAPIIRUSTUS, ELEMENTTI



## LIITE 13, JULKISIVU LUOTEESEEN



## LIITE 14, JULKISIVU KOILLISEEN



## LIITE 15, JULKISIVU KAAKKOON



## LIITE 15, JULKISIVU LOUNAASEEN

